

Informe C

Incendios forestales y restauración de zonas quemadas

Prevención, extinción y gestión posterior en España

Resumen C	1	Extinción	14
Introducción	3	Vigilancia y tecnologías de detección temprana	15
Radiografía del régimen de incendios actual en España	4	Gestión operativa, táctica y estratégica	16
Hacia escenarios de grandes incendios forestales	4	Medios y tecnologías de apoyo a la extinción	17
Causas de ignición	6	Restauración de zonas quemadas	18
Factores de alto riesgo y mayor propagación	6	Evaluación y toma de decisiones durante el primer año	18
La complejidad del territorio español	8	Estrategias de restauración a medio-largo plazo	20
Diversidad de los ecosistemas y su vulnerabilidad	8	Resiliencia socio-ecológica frente a los incendios	21
Diversidad socioeconómica	8	Ideas fuerza	22
Heterogeneidad de zonas protegidas e implicaciones	9	Referencias	I
Prevención: una mirada a largo plazo	10		
Gestión histórica de masas forestales	11		
Técnicas de reducción de biomasa y selvicultura	11		
El papel de la agricultura y la ganadería en el paisaje	12		
Aumentar la resiliencia ecológica como estrategia de prevención	13		
Prevención periurbana	14		

Cómo citar este informe:

Oficina de Ciencia y Tecnología del Congreso de los Diputados (Oficina C). Informe C: Incendios forestales y restauración de zonas quemadas. (2023) www.doi.org/10.57952/w67p-j094

Personal experto e investigador consultado (por orden alfabético)

- » **Brotos, Lluís¹**. Investigador científico y coordinador Ecolandlab, CREAM-CSIC. Investigador asociado, Centro tecnológico y forestal de Cataluña (CTFC), España.
- » **Calvo Galván, Leonor¹**. Profesora titular, Universidad de León, España.
- » **Duguay Pedra, Beatriz¹**. Profesora agregada, Facultad de Biología, Universidad de Barcelona, España.
- » **Gavilán García, Rosario G¹**. Catedrática, Unidad de Botánica, Facultad de Farmacia, Universidad Complutense de Madrid (UCM), España.
- » **García López, María Llanos¹**. Jefa Área de Operaciones de Extinción – INFOCA, Agencia de Medio Ambiente y Agua, Junta de Andalucía. Presidente de la Asociación Forestal Andaluza (AFA-PROFOR), España.
- » **Gornish, Elise¹**. Cooperative Extension Specialist in Ecological Restoration, Universidad de Arizona, Estados Unidos.
- » **Guijarro Guzmán, Mercedes¹**. Científico titular, Instituto de Ciencias Forestales (ICIFOR-INIA-CSIC), España.
- » **Leverkus, Alejandro B¹**. Profesor titular, Universidad de Granada. Miembro, Fundación Internacional para la Restauración de Ecosistemas, España.
- » **López Santalla, Antonio¹**. Jefe de la Unidad de Apoyo, Organismo Autónomo Parques Nacionales. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, España.
- » **Madrigal Olmo, Javier¹**. Científico titular, Instituto de Ciencias Forestales (ICIFOR-INIA-CSIC). Profesor asociado, Universidad Politécnica de Madrid, España.
- » **Molina Martínez, Juan Ramón¹**. Profesor del Departamento de Ingeniería Forestal, Universidad de Córdoba, España.
- » **Moreno Mateos, David¹**. Investigador Ikerbasque, Centro Vasco de Cambio Climático – BC3, España. Profesor asociado, Universidad de Oxford, Reino Unido.
- » **Regos Sanz, Adrián¹**. Investigador post-doctoral Juan de la Cierva, Centro tecnológico y forestal de Cataluña (CTFC), España.
- » **Resco de Dios, Víctor¹**. Profesor agregado, Universitat de Lleida (UdL), España.
- » **Rodríguez Fernández-Blanco, Carmen¹**. Investigadora, European Forest Institute (EFI), Alemania.
- » **Santín Nuño, Cristina¹**. Investigadora Ramón y Cajal, Instituto Mixto de Investigación en Biodiversidad (CSIC-Universidad de Oviedo-Principado de Asturias), España. Profesora asociada, Universidad de Swansea, Reino Unido.
- » **Sanz Sánchez, María José¹**. Directora, Centro Vasco de Cambio Climático – BC3, España.
- » **Vázquez Varela, Carmen**. Profesora titular de Análisis Geográfico Regional, Universidad de Castilla la Mancha, España.

EQUIPO C

Alfonso Cuenca. Letrado de las Cortes Generales. Director de Estudios, Análisis y Publicaciones del Congreso de los Diputados.

Ana Elorza*. Coordinadora de la Oficina C en la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología.

Izaskun Lacunza. Coordinadora de la Oficina C en la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología.

Maite Iriondo de Hond. Técnica de evidencia científica y tecnológica.

Rüdiger Ortiz-Álvarez*. Técnico de evidencia científica y tecnológica.

Sofía Otero. Técnica de evidencia científica y tecnológica.

Jose L. Roscales. Técnico de evidencia científica y tecnológica.

Cristina Fernández-García. Técnica de conexión con la comunidad científica y la sociedad.

*Personas de contacto para este informe

Método de elaboración

Los Informes C son documentos breves sobre los temas seleccionados por la Mesa del Congreso que contextualizan y resumen la evidencia científica disponible para el tema de análisis. Además, recogen las áreas de consenso, disenso, las incógnitas y los debates en curso. El proceso de elaboración de los informes se basa en una exhaustiva revisión bibliográfica que se complementa con entrevistas a personas expertas en la materia y dos rondas de revisión posterior por su parte. La Oficina C colabora con la Dirección de Documentación, Biblioteca y Archivo del Congreso de los Diputados en este proceso.

Para la elaboración del presente informe, la Oficina C ha referenciado 325 documentos y consultado a un total de 18 personas expertas en la materia. Se trata de un conjunto multidisciplinar del cual el 56 % pertenecen al área de ciencias de la vida (ecología, restauración ecológica, ciencias ambientales, botánica), el 33 % a las ciencias físicas e ingenierías (ingeniería forestal, ingeniería de montes, ingeniería agrónoma, personal técnico y de operativa) y el 12 % a las ciencias sociales y humanidades (geografía y sociología). El 79 % trabaja en centros o instituciones españolas, mientras que el 21 % tiene al menos una afiliación en el extranjero.

La Oficina C es la responsable editorial de este informe.

¹ Especialistas que también han participado en la revisión total o parcial del informe.

En el año 2022, se vivió una de las peores temporadas de incendios de las últimas décadas en el área mediterránea. Aunque el fuego es un elemento natural de las dinámicas de los ecosistemas, y habitual en prácticas tradicionales relacionadas con la agricultura y el pastoreo, su recurrencia e intensidad en un contexto de aumento de temperaturas y sequías puede comprometer la regeneración de áreas naturales. Desde hace varias décadas, se observa un aumento en el número de días al año con riesgo meteorológico de incendios en gran parte del mundo. Y, la previsión es que España sea de los países del mundo con un mayor incremento. En este contexto, a nivel nacional se observa un aumento significativo constante de la superficie quemada por grandes incendios forestales, lo que pone en peligro a las personas, infraestructuras, y genera importantes daños económicos. Esta situación hace necesaria una reflexión sobre los numerosos esfuerzos dedicados a la extinción y una menor cantidad de recursos destinados a la prevención y mitigación.

El informe de la Oficina C "Incendios Forestales y restauración de zonas quemadas" abarca desde la heterogeneidad social y ecológica del territorio español, tanto la prevención como la extinción y la gestión post-incendio, reconociendo el importante papel que pueden jugar distintas políticas sectoriales, y los abordajes multi-disciplinares.

Incendios forestales

A pesar de que el número de incendios y el área quemada total se mantienen relativamente estables y controlados (e, incluso, descienden en algunas zonas, en parte debido a la alta inversión en capacidad de extinción y a mejoras en la coordinación de los operativos y Administraciones) persiste un elevado riesgo. Asimismo, se ha observado un aumento del área quemada promedio por grandes incendios, con un incremento importante del número de incendios de más de 5000 hectáreas. Por ello, la comunidad científica indica que además de abordar las causas de ignición, es necesario reducir la capacidad de propagación del fuego en el paisaje y así prevenir los incendios más extremos. Un importante motivo es que la superficie forestal nacional ha aumentado desde hace décadas, debido a los esfuerzos en los planes de reforestación, y a la reducción de actividades tradicionales. Este segundo factor, derivado de la despoblación del medio rural, ha generado masas de vegetación jóvenes, muy conectadas, y con potencial para generar incendios con un comportamiento muy

intenso. Este comportamiento se ve influido también por factores meteorológicos: mayores temperaturas, menos precipitaciones y, la ocurrencia de sequías recurrentes y prolongadas. Por esta situación se señala la relevancia que tiene comprender el impacto de los escenarios de cambio climático a través del territorio nacional, para poder predecir fuegos extremos o megaincendios y, así, adaptar la respuesta ante ellos.

España coordina su política forestal a través de la Estrategia Forestal Española Horizonte 2050. A nivel legislativo, rige sus estrategias y planes de prevención, extinción y gestión post-incendio por la Ley 43/2003 de Montes, así como con las legislaciones autónomas. Además, hay distintos protocolos, recomendaciones y documentos técnicos que facilitan la coordinación, elaborados por el Comité de Lucha contra Incendios Forestales, formado por la Administración General del Estado y por las autonomías.

En el foco

En España, el 72 % del monte es de titularidad privada. Esta situación hace esencial la colaboración de las Administraciones con la población, con los distintos agentes y actores involucrados del mundo rural y, en particular, con los propietarios. Asimismo, las políticas de conservación y medioambientales deben tener en cuenta la importante afección de los incendios en las áreas protegidas, bien por instrumentos nacionales o autonómicos, o de la Red Natura 2000. En cualquier caso, es necesario promover la vigilancia en las zonas que tengan un mayor riesgo. Aumentar la resistencia y la resiliencia de las masas forestales en general, y en particular al paso del fuego, es un objetivo de gestión y político prioritario para la Unión Europea. En este sentido los planes que deriven de estas políticas deben integrar las particularidades de los ecosistemas españoles (mediterráneos y atlánticos) y su heterogeneidad, así como la realidad socioeconómica del territorio.

Tanto la comunidad experta como las Administraciones inciden en que, en España, persiste un desequilibrio entre la prevención y la extinción, con una mayor inversión en partidas destinadas a la extinción. La política pública de apagar todos los incendios, ante el riesgo para la población y los ecosistemas que supone el descontrol del fuego, tiene el efecto colateral de no reducir el combustible y aumentar el riesgo de una mayor intensidad y propagación. Pero también se está abogando por una relación diferente con el fuego en los paisajes, por ejemplo, mediante quemas



prescritas, una estrategia que requiere la colaboración entre las Administraciones y los propietarios y que busca aprovechar los efectos positivos del fuego. Estas son particularmente útiles en el noroeste de España, donde una gran parte de los incendios se deben a prácticas tradicionales para modificar la vegetación con diferentes objetivos (por ejemplo, regenerar el pasto, facilitar la caza, mejorar el acceso, etc.). De igual forma, los ecosistemas en mosaico, que combinan masas forestales con espacios abiertos, han demostrado ser un buen ejemplo para mantener ecosistemas con una alta biodiversidad y en buen estado, a la vez que se incluyen barreras naturales a potenciales incendios.

Horizonte

Existe un interés creciente desde diferentes disciplinas para conseguir unos ecosistemas que mantengan y maximicen los beneficios que aportan a las personas: desde producción y economía forestales, hasta espacios de recreación, industria turística o servicios como agua y aire limpios. Pero también, es necesario que sean resistentes al fuego y capaces de recuperarse tras un incendio. Por la complejidad de la materia, no suele ser posible realizar recomendaciones generales. Así,

la comunidad investigadora trabaja para lograr conocimiento específicamente adaptado a cada territorio y presentar escenarios que puedan: (1) predecir el riesgo de incendio a nivel local, así como qué zonas y condiciones propiciarían incendios con comportamientos que superen la capacidad de extinción, (2) tras un incendio, definir las acciones urgentes y a largo plazo (si caben), para proteger la zona y permitir su regeneración y (3) preparar los ecosistemas para el clima y los incendios futuros.

En la actualidad, la Unión Europea está desarrollando leyes para analizar cuantitativamente el estado de las masas forestales, así como para restaurar los ecosistemas. Por las escalas de tiempo que determinan los procesos ecológicos y sociales de los paisajes, los efectos de las acciones que se realizan no se pueden comprobar hasta varias décadas después. Así, en el actual contexto de cambio climático y de despoblación rural es importante, sobre todo, conseguir unos ecosistemas resistentes y resilientes y un tejido social vivo y preparado ante la ocurrencia de grandes incendios forestales.

Incendios forestales y restauración de zonas quemadas

Introducción

España es uno de los países con más riesgo de experimentar incendios forestales.

España está entre los países de la Unión Europea (UE) con más riesgo de sufrir **incendios forestales**. En 2022, fue el estado de toda la UE que experimentó el mayor número de incendios y con más hectáreas quemadas: 315.705¹ (que equivalen a algo más que toda la provincia de Álava), aunque los datos de series históricas no muestran tendencias de crecimiento en número o superficie². En los ecosistemas mediterráneos, que en España ocupan el 80 % del territorio³, el fuego es un fenómeno natural, habitual e históricamente tiene un papel en las dinámicas naturales y en la conservación del paisaje^{4,5}. Por ello, las especies han desarrollado adaptaciones específicas para recuperarse o resistir⁶⁻⁸. No obstante, muchos ecosistemas pueden alterarse significativamente por sufrir incendios grandes, intensos y cada vez más recurrentes⁵, lo que compromete su regeneración tras el paso del fuego, y además pueden colapsar al reducir su capacidad adaptativa a esta perturbación^{6,9}.

España se defiende de este peligro a través de un dispositivo de extinción de gran capacidad^{10,11}. Así, la mayor parte de los fuegos que se inician quedan en **conatos**, antes de que se extiendan². El problema actual es que la probabilidad de que se transformen en grandes incendios está aumentando¹². Entre las causas principales, se encuentra el abandono de prácticas agrícolas tradicionales no intensivas y los aprovechamientos forestales, a menudo consecuencia de la despoblación de las zonas rurales o la terciarización de su economía, que origina un aumento y acumulación de biomasa combustible muy conectada¹³⁻¹⁵. También, influyen las decisiones en política forestal, agrícola y territorial a diferentes niveles administrativos durante el último siglo, que son las que han dado forma al paisaje actual¹⁶. Asimismo, otro factor en la ecuación es el contexto general de cambio climático, con propensión a mayores temperaturas, menor precipitación, y una mayor frecuencia de sequías prolongadas y severas^{17,18}. Este proceso se denomina **cambio global**.

Los incendios forestales tienen consecuencias ecológicas, ambientales, sociales y económicas. A nivel global, los incendios emiten anualmente una cantidad de CO₂ equivalente al 10-16 % de emisiones producidas por el uso de combustibles fósiles^{19,20}. Respecto a la biodiversidad, la península ibérica contiene alrededor del 50 % de todas las especies de plantas y animales vertebrados de Europa y más del 30 % de **especies endémicas** de Europa²¹. Su conjunto, relaciones, y funciones ecosistémicas se ven directamente afectadas por los incendios²². Para conservar los ecosistemas forestales y su biodiversidad asociada, estos pueden estar protegidos bajo distintas figuras legales de protección²³, reguladas por numerosas normas y estrategias²⁴⁻²⁶, pero ello no evita por sí mismo que estén expuestas a una alta incidencia de incendios forestales²⁷, incluso algunos grandes o muy grandes²⁸. En su gestión hay que tener en cuenta la propensión en los ecosistemas naturales mediterráneos a los incendios recurrentes^{5,13}. Así, se ha indicado como estratégico que las políticas medioambientales incorporen aspectos relacionados con la gestión del fuego y estrategias de prevención acordadas entre los responsables de conservación y de extinción¹⁰. Otros impactos son en el suelo²⁹, en la calidad de agua³⁰, o en la calidad del aire, que desciende abruptamente durante un incendio, pudiendo causar afecciones respiratorias tanto en las personas como en la fauna o en el ganado³¹⁻³³. En las personas, se ha comprobado que las que viven en zonas afectadas sufren secuelas psicológicas³⁴⁻³⁶ y pueden tener una peor calidad de vida a largo plazo³⁷. En la misma línea, en materia de protección civil, hay un impacto en desalojos,

- **Incendio forestal**: Fuego que se propaga sin control por terreno forestal. Son definidos por una combustión incontrolada en el espacio y en el tiempo.
- **Conato**: Fuegos que son extinguidos antes de alcanzar 1 hectárea quemada.
- **Cambio global**: El cambio global es el conjunto de cambios ambientales afectados por la actividad humana, con especial referencia a cambios en los procesos que determinan el funcionamiento de los sistemas naturales. Tienen efectos que trascienden el ámbito local o regional, para afectar al funcionamiento global del planeta.
- **Especies endémicas**: Especies que solo habitan en un lugar determinado, ya sea un continente, un país, una provincia, o una cordillera montañosa, por ejemplo.

afecciones a infraestructuras, accidentes o pérdida de vidas humanas^{38,39}. Por otro lado, el impacto económico en estas poblaciones es elevado y afecta entre otros a infraestructuras, negocios, turismo, y producción forestal de madera, corcho, resina o setas⁴⁰.

Como principal respuesta, España vertebra su política forestal en la “Estrategia Forestal Española Horizonte 2050”⁴¹. A nivel legislativo, los programas de prevención, extinción y gestión post-incendio, incluida la restauración, se rigen por la Ley 43/2003 de Montes⁴², que transfiere competencias a las autonomías para el desarrollo de su propia legislación y planes de actuación. Para coordinarse, el Comité de Lucha contra Incendios Forestales, formado por la administración general del estado y las CC. AA., elabora recomendaciones y documentos técnicos⁴³. Asimismo, la legislación de protección civil nacional y autonómica regula el establecimiento de planes y protocolos de actuación⁴⁴⁻⁴⁶. La heterogeneidad ecológica, social y política del territorio obliga al desarrollo de leyes, normas y planes específicos que aborden la materia, de acuerdo con las diferentes realidades de cada región. A la vez, los incendios son un reto transversal que trasciende al sector forestal, cuya enorme complejidad requiere aproximaciones multi-escala⁴⁷ y respuestas innovadoras desde diferentes ámbitos¹⁰. En especial, mediante la implicación de políticas públicas sectoriales que afectan directa o indirectamente al mismo territorio¹⁰, y la implicación de sectores sociales y económicos como la ganadería y la agricultura, variadas disciplinas, así como de los dispositivos operativos y de gestión¹⁰.

Radiografía del régimen de incendios actual en España

En España, se observa una mayor propensión hacia grandes incendios forestales, de alta peligrosidad, debido a la acumulación de combustible disponible y al aumento de temperaturas y sequías.

Los incendios son un componente natural de los ecosistemas mediterráneos y un elemento frecuente en prácticas tradicionales rurales en los ecosistemas atlánticos del noroeste peninsular o de Pirineos. En España, han variado en frecuencia, tamaño e intensidad a lo largo del tiempo, en lo que se conoce como cambios del **régimen de incendios**⁴⁸. Estos cambios se relacionan con dinámicas socioeconómicas en el largo plazo, que han generado distintos tipos de ecosistemas y paisajes, más o menos vulnerables al fuego^{12,49}. Actualmente, las tendencias no reflejan una subida en el número de incendios o superficie total quemada², pero sí un aumento de los índices de riesgo^{50,51}, y de la superficie quemada por incendios de mayor agresividad y extensión que en el pasado⁵².

Hacia escenarios de grandes incendios forestales

A finales de los años 1990, hubo un descenso general del número de incendios y del área quemada, que aún se mantiene. Ello se explica por mejoras en las estrategias y los protocolos, la inversión en extinción y fruto de la experiencia técnica, logística, operativa y reguladora⁴¹ (aunque en las comunidades autónomas del interior y en la franja mediterránea, el número de siniestros se mantuvo estable entre 2006 y 2015⁵²). Por otro lado, al mismo tiempo, desde principios de los años 2000, se está observando una tendencia hacia más **grandes incendios forestales**⁵³ cada vez de mayor superficie⁵². Actualmente se habla de incendios de extrema gravedad⁵⁴, como los **megaincendios**⁵⁵, **incendios de sexta generación**⁵⁶, o **eventos extremos de fuego**⁵⁷ (tres conceptos que se usan de forma intercambiable, aunque tienen distintos matices). En países de ecosistemas análogos a los españoles, han sido importantes los ocurridos en Portugal en 2017⁵⁸, Australia en 2019⁵⁹ y Grecia en 2023⁶⁰. Sin embargo, también pueden darse en zonas más frías, pero muy arboladas, como en Canadá, que en 2023 sufrió

· **Régimen de incendio:** Descripción general del papel del fuego para un área o ecosistema específico. Se refiere a la naturaleza típica de los incendios ocurriendo a lo largo de un período de tiempo extendido en una zona. En concreto, es la variabilidad temporal en las características físicas y efectos subsiguientes de un incendio forestal. Los regímenes de incendio normalmente se definen en términos de frecuencia, severidad, magnitud y patrón de incendios.

· **Grandes incendios forestales:** Definición basada en el área quemada. En España, se clasifican como grandes incendios forestales (GIF) aquellos cuya superficie afectada alcance más de 500 hectáreas.

· **Megaincendios:** Generalmente se caracterizan por avanzar rápidamente, por su alta peligrosidad para las personas y el entorno y por retroalimentarse provocando su propia meteorología. Suelen afectar a más de 10.000 hectáreas. Su severidad tiene el potencial de transformar los paisajes a una velocidad y escala muy elevadas. Pero no hay una definición exacta y la comunidad científica aboga por no seguir utilizando este término.

· **Incendios de sexta generación:** Es una terminología no científica basada en la clasificación de incendios por generaciones, donde cada nueva generación se refiere a la barrera a superar por parte de los dispositivos de extinción. En el caso de la sexta generación, los incendios son imposibles de apagar por su intensidad, velocidad e imprevisibilidad, a menos que cambien las condiciones meteorológicas.

· **Eventos extremos de fuego:** Fenómeno piroconvectivo que excede la velocidad de control (intensidad de la línea de fuego $\geq 10,000$ kW/m; velocidad de propagación > 50 m/min), con un comportamiento errático e impredecible. Representa una amenaza a los operativos, población y patrimonio natural, y es probable que cause fuertes impactos ambientales y socio-económicos.

su peor temporada histórica de incendios⁶¹. En España, destacan varios incendios de gran magnitud, tanto por la extensión quemada como por sus condiciones de peligrosidad (**Cuadro 1**). Estos suelen generar impactos sociales importantes y se puede tardar varias décadas o incluso siglos en recuperar por completo las zonas afectadas⁶².

Uno de los principales factores detrás del cambio de régimen de incendios actual en España es la acumulación de combustible disponible (biomasa en forma de arbolado, matorral, hojas, troncos o ramas, en condiciones de sequedad)⁴⁸. Al contrario que en los trópicos, donde existen graves problemas de deforestación⁶³, la extensión arbolada en España ha aumentado en los últimos 15 años hasta un millón de hectáreas⁶⁴. Se ha observado en algunas zonas que esta expansión, actualmente derivada del abandono rural, puede tener efectos tanto positivos como negativos en la biodiversidad dependiendo de la situación^{65,66}. No obstante, en ambos casos se da la paradoja de que la despoblación en zonas donde antiguamente había agricultura, ganadería y/o **selvicultura** ha generado masas forestales jóvenes, muy homogéneas, más conectadas y muy vulnerables a incendios extremos^{67,68}. Ignorar este hecho podría elevar la tasa de aumento de áreas quemadas en más de un 25 % por cada próxima década⁶⁹.

Históricamente, se han producido grandes incendios forestales en España, pero la tendencia actual muestra un aumento en la superficie media. Destacan algunos ejemplos de gran magnitud en 2022.

Cuadro 1. Grandes incendios forestales (GIF) en España

Históricamente, se han producido grandes incendios forestales en España. Sin embargo, la tendencia actual indica que cada vez es más esperable que se afecten mayores superficies⁵², debido a un empeoramiento de los factores incidentes. Algunos ejemplos recientes:

Temporada 2023. Las precipitaciones inmediatamente anteriores a la época estival aliviaron el riesgo de incendios en la península, al añadir humedad a la biomasa¹⁷. No obstante, destaca el Incendio de Candelaria, en Santa Cruz de Tenerife, que arrasó casi 15.000 hectáreas, afectó a 12 municipios y tuvo un impacto estimado de 80,4 millones de euros⁷⁶. El año 2023 también destaca por grandes incendios fuera de la temporada tradicional, como el de Pinofranqueado en Cáceres en mayo (10.843 Ha), o el de Valdés en Asturias en marzo (9.722 Ha).

Temporada 2022. Fue la peor temporada de incendios en lo que va de siglo, con 309.000 hectáreas afectadas (como referencia, la media entre 2012 y 2021 fue de 94.248 hectáreas)². Los grandes incendios supusieron un 80,78 % de la superficie total afectada, aunque solo fueron un 0,54 % del total de igniciones del año. Destacan los dos megaincendios en zona protegida de la sierra de la Culebra, en Zamora (Castilla y León). Fueron causados por tormentas eléctricas y afectaron a 52 localidades y a 66.000 hectáreas². Se vieron agravados por una vegetación densa, olas de calor durante las igniciones, así como un invierno y primavera inusualmente secos⁷⁷. Tardó 10 días en considerarse controlado y fallecieron 4 brigadistas⁷⁸. Al iniciarse fuera de la campaña de incendios (15 de Junio) solo el 30 % del operativo estaba contratado cuando comenzó el primero de ellos⁷⁹.

Otras temporadas. En 2021 destacó el incendio en la sierra de la Paramera, causado por un accidente en una carretera, en agosto, en el término municipal de Navalacruz (Ávila), donde ardieron unas 22.000 hectáreas⁸⁰. En ese mismo año, en sierra Bermeja (Málaga) se quemaron 8.401 hectáreas, en un contexto de alta peligrosidad por unas condiciones meteorológicas especialmente adversas: menos del 30 % de humedad, más de 30 °C de temperatura y vientos de más de 30 km/h⁸¹. En octubre de 2017, se dio una oleada de incendios entre Galicia y el norte de Portugal, cuya principal dificultad fueron los múltiples focos simultáneos que se saltaban las barreras geográficas o cortafuegos existentes⁸². Por causas directas fallecieron 47 personas, pero además aumentó la mortalidad por inhalación de humo^{82,83}. De igual manera, cabe citar, el incendio de Riba de Saelices (Guadalajara) en 2005, en el que fallecieron 10 bomberos forestales y un agente forestal, de los equipos de extinción del retén de Cogolludo⁸⁴.

· **Selvicultura:** Técnicas que tratan la conservación, mejora, aprovechamiento y regeneración o, en su caso, restauración, de las masas forestales.

El cambio climático (que según algunas investigaciones podría acelerarse más de lo previsto⁷⁰) es el segundo factor clave tras los cambios observados. Podría modificar el régimen de incendios (como evidencia la situación del año 2022²) por un aumento de las temperaturas y las sequías extremas^{17,18,47}. Los modelos matemáticos hasta 2.100, predicen un mayor **riesgo meteorológico de incendios** forestales en prácticamente toda la península ibérica^{69,71,72}. Sin embargo, los datos no demuestran una correlación entre índices de riesgo y la ocurrencia real de incendios, lo que indica que hay otros factores incidentes que hay que tener en cuenta⁵⁰. Además, desde hace 20 años en todo el mundo se lleva observando un aumento progresivo de la duración de la **temporada de incendios**^{73,74}: en muchos países ya no ocurren solo en verano^{69,74}. En España, el incremento previsto es de entre 34 y 69 días⁷⁴ (predicción para aumentos de temperatura global de entre 2 y 4 °C, en la línea de la estimación de Naciones Unidas⁷⁵).

Causas de ignición

Aún con una gran variabilidad dentro del territorio, en general, las causas de ignición son predominantemente humanas, bien por negligencias o bien intencionadas. El número de igniciones ha descendido durante las últimas décadas.

Cabe diferenciar las causas de inicio de un incendio de las causas tras su propagación, pues su abordaje será diferente. De media, las igniciones de causa conocida en España son, en su mayoría, originadas por el ser humano, bien por negligencias (31 %) o bien con una intencionalidad (entendida como voluntad deliberada de quemar terreno forestal) (60 %), mientras que solo el 5 % se origina de forma natural por la caída de rayos^{52,71}. Este dato cobra especial importancia al evaluar las comunidades autónomas con un mayor número de siniestros registrados: Galicia (29 %), Castilla y León (13 %) y Asturias (12 %)⁵². En el periodo 2006-2015, las principales motivaciones de los incendios intencionados fueron: prácticas tradicionales del sector agrario para eliminar matorral y residuos agrícolas (28 % de las igniciones), incendios provocados por pastores y ganaderos para regenerar el pasto (23 %) y, en menor medida pirómanos (5 %), vandalismo (5 %), igniciones iniciadas por cazadores para facilitar la caza (2,5 %), o por venganzas personales (1,7 %)⁵². Estas cifras generales, sin embargo, no reflejan la heterogeneidad del territorio. Por ejemplo, en Asturias, la intencionalidad de pastores y ganaderos para regenerar y favorecer la calidad del pasto (que puede servir de alimento para el ganado), ha llegado a originar el 70 % del total de igniciones⁸⁵. Por este motivo, su estrategia autonómica de prevención y lucha contra incendios forestales (EPLIFA) se basa en adaptar cada zona del territorio al contexto socioeconómico y a sus dinámicas naturales. Así, se trata de evitar planteamientos generales, consensuar criterios técnicos y necesidades de los ganaderos para realizar quemas prescritas y controladas⁸⁶.

En cuanto a las causas naturales y, en particular a los rayos, aunque comparativamente generan menos incendios que los humanos, la inestabilidad atmosférica asociada tiende a causar fuegos más extremos y con más hectáreas quemadas⁸⁷. Los rayos siguen dinámicas estacionales y espaciales que pueden predecirse^{88,89}, no obstante, acorde a las predicciones del Panel Internacional sobre el Cambio Climático, una mayor inestabilidad atmosférica en Europa podría alterar estos patrones⁷⁴. En concreto, en España, los modelos matemáticos indican un ligero descenso de la actividad de rayos en verano, pero un aumento en otoño y primavera. Además, en general, se observa que podría darse un aumento en el número de rayos a mayor altitud, a partir de los 1.000 metros, con más riesgo en las zonas más elevadas⁹⁰ y con menos humedad⁸⁹. Debe también tenerse en cuenta la distribución en el territorio: hay un mayor número de descargas en Cataluña, Aragón y la Comunidad Valenciana⁸⁸. En especial, en la provincia de Castellón, el rayo es la causa del 52 % de las igniciones⁹¹, mientras que, en Cataluña, se alcanza el 11 % del total⁹².

Factores de alto riesgo y mayor propagación

Un alto número de factores pueden retroalimentarse, aumentando el riesgo y la peligrosidad.

Hay diversos factores de riesgo que pueden favorecer la propagación del fuego y aumentar la peligrosidad que sobreviene cuando se descontrola y quema grandes áreas de territorio, o cerca de núcleos de población⁹³. Estos factores son la meteorología (temperatura, viento, precipitaciones), sequías (**Cuadro 2**)¹⁷, la topografía específica de la localización, el uso y

· **Índice de riesgo meteorológico de incendios:** Del inglés, *fire weather index* (FWI) es un índice de riesgo de incendios basado en la meteorología. Tiene en cuenta la humedad de los combustibles en el suelo y subsuelo, el efecto del viento, la precipitación acumulada y la temperatura. Representa la intensidad de propagación del fuego y puede servir para predecir su comportamiento. El índice clasifica los días de bajo riesgo a riesgo extremo.

· **Duración de la temporada de incendios:** Se define como el número de días cada año en los que el riesgo de incendios (estimado de acuerdo al FWI) está por encima de la mitad de la media de su rango (equivalente a riesgo alto o extremo).

gestión del territorio afectado, y la existencia de transiciones urbano-forestales. Todos ellos interactúan entre sí, retroalimentándose⁹⁴. Por ejemplo, una zona de montaña con mucha vegetación, continua, tras una sequía prolongada, cerca de un núcleo urbano, durante una ola de calor y en días con rachas de viento, estaría en riesgo máximo. Pero el factor crítico es la humedad del combustible: utilizando datos de área quemada en Portugal, se observó que, cuando esta bajaba del 12 %, la extensión quemada aumentaba drásticamente⁹⁵.

Las sequías agravan los incendios y comprometen la capacidad de regeneración natural de la vegetación.

Cuadro 2. La sequía y el ciclo hídrico

Los ecosistemas forestales mediterráneos están bien adaptados a las sequías. No obstante, cuando son demasiado frecuentes o prolongadas, causan baja productividad, defoliación y mortalidad en los árboles⁹⁶, lo que facilita que se inicie y extienda un fuego⁹⁷. Además, en los bosques muy densos, los árboles compiten por la poca agua disponible, así, se da un mayor impacto de la sequía⁹⁶ y, un desecamiento de las capas inferiores del suelo⁹⁸. La combinación de sequía e incendios (de elevada intensidad y/o recurrencia) puede afectar el rebrote y el restablecimiento posterior de los ecosistemas⁹⁹.

Actualmente, las zonas áridas (incluyendo áridas, semiáridas y subhúmedas secas) ocupan un 74 % del país¹⁰⁰. En 2020 se calculó que el 20 % del territorio español ya se ha desertificado y un 1 % está en curso¹⁰¹. La sobreexplotación de recursos, el cambio de usos del suelo, el abandono rural y el cambio climático explican este fenómeno. La tendencia futura es que se produzcan sequías más frecuentes y duraderas en gran parte de Europa⁹⁸. Las proyecciones calculan una reducción del 5 al 30 % de las precipitaciones en las zonas áridas y semi-áridas de la región mediterránea¹⁰². De igual manera, se prevé que se crucen umbrales ecológicos, cambiando de un tipo de ecosistema potencial a otro, de la actualidad a 2100¹⁰³. Una sequía severa en Europa ha durado desde 2022 hasta la primavera del 2023, momento en el que fue parcialmente aliviada por algunas precipitaciones¹⁰⁴.

Por otra parte existe una línea de investigación que relaciona la disposición y cambios a gran escala de las masas forestales con el régimen de precipitaciones y el ciclo hídrico¹⁰⁵⁻¹⁰⁷. No obstante, por el alto número de factores relacionados, los modelos matemáticos tienen mucha incertidumbre a día de hoy¹⁰⁷, lo que dificulta el diseño de proyectos de reforestación que pretendan aumentar las precipitaciones^{108,109}.

Las zonas de mayor riesgo para las personas son las transición urbano-forestal.

Transiciones urbano-forestales. En las transiciones o interfaces urbano-forestal (también llamadas zonas periurbanas) el terreno forestal entra en contacto con zonas urbanizadas, por eso, el riesgo de afectación para las personas y sus propiedades por incendios forestales es muy elevado¹¹⁰⁻¹¹². Estos territorios se han expandido en España, asociados a una dispersión en los asentamientos (particularmente en zonas metropolitanas y litorales) y a la progresión de la vegetación¹¹⁰. Son especialmente extensos en Galicia, Asturias o Canarias, en las zonas metropolitanas de Madrid o Barcelona, o en las zonas litorales con mayor intensidad de uso turístico¹¹³. Su vulnerabilidad se ha estudiado en distintas comunidades, como en Galicia, donde se ha observado que las igniciones dentro de la transición son el doble que fuera de ella¹¹². Además, se ha comprobado que las edificaciones dispersas en zonas con predominio de vegetación arbórea o arbustiva densa son las más susceptibles a fuegos de alta intensidad, poniendo en riesgo a sus habitantes^{114,115}.

El abandono rural y de actividades del campo ha generado una mayor cantidad de combustible para los incendios.

Acumulación de combustible y uso del territorio. El abandono rural y agrario, y de actividades tradicionales (como selvicultura o aprovechamiento de productos forestales) ha generado, en gran parte del territorio, masas forestales homogéneas, sin barreras para frenar un potencial incendio y con acumulación de biomasa muerta y matorral, que sirve como combustible para el fuego¹¹⁶. En el comportamiento de los incendios influyen la cantidad o carga de combustible, su forma, tamaño, compactación, densidad y distribución en el espacio¹¹⁷. Así los estudios muestran menor probabilidad de que se propague un incendio en bosques combinados con parcelas agrarias activas, que actúan como barreras naturales¹¹⁸. En el polo opuesto hay mayor probabilidad en valles, donde puede acumularse más combustible¹¹⁹.

El riesgo es más elevado a mayores pendientes.

Topografía de la localización. Respecto a la forma del terreno concreta de un lugar, el riesgo de ignición es, en general, más bajo a mayor altitud y en la vertiente norte de las montañas, pero solo fuera de la interfaz urbano-forestal (posiblemente debido a una menor

accesibilidad de la población)⁹⁴. Respecto al riesgo de propagación, la topografía afecta en el comportamiento de los incendios por la presencia de pendientes superiores al 50 % y la existencia de barrancos en “V”: ambas situaciones promueven la generación de fuego eruptivo, que se refiere a aceleraciones importantes del frente de llama¹²⁰.

La complejidad del territorio español

El territorio español es complejo y heterogéneo a varios niveles: climático, ecológico y paisajístico, social y económico, de propiedad y gestión, y legal. En el marco de esta gran heterogeneidad, las Administraciones contemplan medidas de prevención, extinción, y post-incendio, no existiendo una solución única sino múltiples abordajes que han de coordinarse en distintas fases. La unidad sobre la que se articula la legislación y la gestión es el **monte**, que por definición incluye las superficies forestales y, dentro de ellas, los bosques⁴².

Diversidad de los ecosistemas y su vulnerabilidad

La **superficie forestal** total ocupa un 56 % del territorio en España (las zonas arbustivas o pastos, a efectos oficiales, se consideran forestal no arbolado)⁶⁴, siendo Castilla y León, Castilla-La Mancha, Extremadura, Cataluña y Galicia las comunidades autónomas con más **superficie forestal arbolada**⁴¹. Estas superficies se sitúan en los dos climas principales de España: el 80 % es clima mediterráneo y el 20 % restante, clima templado^{121,122}. Las comunidades de especies vegetales están adaptadas y repartidas en el territorio de acuerdo a condicionantes climatológicos específicos y regímenes de incendios propios^{121,122}: un 56 % son bosques de frondosas (como encinas o robles), un 37 % de coníferas (distintas especies de pino, sabinas o abetos) y un 7 % de bosque mixto⁶⁴.

No obstante, la distribución en el territorio de las superficies forestales actuales podría no estar adaptada a los aumentos de temperatura y cambios en el régimen hídrico. Por su longevidad, los sistemas forestales pueden tardar largos periodos de tiempo en adaptarse a nuevas condiciones meteorológicas, lo que acrecienta su vulnerabilidad ante incendios forestales. Por ejemplo, en un contexto de sequía (Cuadro 2), el rebrote tras el incendio que se daría de forma natural en muchas especies se hace más difícil pues requiere humedad y precipitaciones para utilizar las reservas de las raíces. De no darse este requisito el ecosistema no podría retornar al estado anterior al incendio¹²³. Al mismo tiempo, los ecosistemas de zonas templadas pueden experimentar situaciones más propias del clima mediterráneo, como sequías estivales muy marcadas, aumentando así el riesgo y la frecuencia de incendios en zonas donde antes no había dicha propensión climática¹²³. Por tanto, una mala adaptación puede acrecentar el impacto de un incendio forestal. En este sentido, un informe oficial señala que ya existe un estado de conservación deficiente de algunos de los hábitats más importantes de España¹²⁴. Mientras, a nivel de toda Europa, se ha documentado un deterioro de las masas forestales causado por defoliación (pérdida de hojas)¹²⁵.

Diversidad socioeconómica

La masa forestal de los montes españoles puede tener una titularidad pública o privada, y estar clasificados de utilidad pública o no, lo que marca su uso y puede determinar la actividad económica que se derive, así como decisiones en prevención y restauración post-incendio⁴². Los actores afectados por los incendios son diversos, y son al mismo tiempo importantes colaboradores en la prevención de los mismos^{126,127}. Cabe, por tanto, comprender las dinámicas sociales y estructuras políticas de las zonas rurales, en especial, destaca la relación extractiva de las ciudades hacia el mundo rural, que condicionan el abandono y la despoblación¹²⁸, tal y como recogen algunas estrategias contra la despoblación autonómicas¹²⁹.

El 56 % del territorio está ocupado por masas forestales, que pueden no estar preparadas frente al cambio climático y ser más vulnerables a los incendios.

El 72 % de los montes son de titularidad privada, lo que dificulta su gestión si los propietarios no tienen recursos. Un mundo rural vivo contribuye a prevenir los incendios forestales.

· **Monte:** A efectos de la Ley 43/2003 de Montes, se entiende por monte todo terreno arbolado y no arbolado en el que vegetan especies forestales arbóreas, arbustivas, de matorral o herbáceas. También se consideran monte terrenos yermos, roquedos y arenales, construcciones e infraestructuras destinadas al servicio del monte, terrenos que se adscriban a la finalidad de ser repoblado o transformado al uso forestal, o terrenos agrícolas abandonados en algunas situaciones. Las CC.AA. determinan la dimensión de la unidad administrativa mínima que será considerada monte a los efectos de aplicación de la ley estatal. La superficie forestal, por tanto, se considera monte a efectos legales.

· **Superficie forestal:** De acuerdo con el Inventario Forestal Nacional, se cuantifican las hectáreas de superficie forestal, diferenciando entre arboladas (predominio de árboles, pero también matorral y pastizal) y desarboladas (predominio de matorral y pastizal). La separación se basa en el valor “fracción de cabida cubierta”, que es un índice de espesura de la cubierta vegetal.

· **Superficie forestal arbolada:** Terreno poblado con especies forestales arbóreas como manifestación vegetal dominante y cuya fracción de cabida cubierta llega a un umbral delimitado. Incluye matorral y pastizal.

Propiedad del monte. La mayor parte de los montes españoles, el 72 %, son de titularidad privada, bien individual, o en copropiedad, como los “montes vecinales en mano común”¹³⁰, en la que los propios vecinos deciden sus usos y gestión mediante una toma de decisiones democrática¹³¹ (esta figura legal en Galicia representa hasta el 25 % del monte). De los montes públicos, el 21 % pertenece a entidades locales y el 3,7% al Estado o a las comunidades autónomas⁴¹. Cuando los montes cumplen funciones de interés general o de carácter protector, social o ambiental, pueden declararse montes de utilidad pública (si son públicos) o montes protectores (tanto públicos como privados).

En cualquier caso, la gestión de los montes (cuyas prácticas pueden relacionarse, de forma directa o indirecta, con una mejor o peor prevención de incendios) debe ajustarse al instrumento de planificación forestal de cada comunidad autónoma, una responsabilidad que en los terrenos privados corresponde a sus titulares⁴². No obstante, asociaciones de propietarios y selvicultores han declarado que no hay apoyos suficientes a la gestión y a la actividad forestal. También indican que falta un registro actualizado de las explotaciones, que existe una baja rentabilidad de estos terrenos y que los largos turnos de producción las someten a riesgos como incendios forestales; y asimismo, exponen algunas demandas específicas a nivel estatal, como el impulso de una nueva Ley marco de Fomento de la Actividad Forestal¹³².

Usos del monte y abandono rural. Cualquier cambio en el uso del suelo tiene un impacto en los servicios ecosistémicos relacionados con los incendios, tanto en los daños que este cause como en los costes de extinción¹³³. Desde diferentes disciplinas se pide sostener un mundo rural vivo, con un sector primario medioambientalmente sostenible, que fomente el consumo de productos locales y que ponga en valor los productos forestales¹³⁴ (no solo la madera, sino también el corcho, la resina, frutos, setas, plantas medicinales, o miel)¹³⁵. De forma indirecta, y relacionado con una ocupación estable en el territorio, todo ello contribuye a prevenir los incendios forestales¹³³ (sección de prevención). No obstante, la tasa de ocupación laboral en los **municipios rurales** es más baja que en las ciudades, y la población continúa en descenso desde los últimos 10 años, y actualmente el 84 % del territorio está habitado por el 16 % de la población del país. Desde la Fundación Pau Costa, distintos colectivos sostienen que son necesarias medidas económicas como la disminución de la presión fiscal para habitantes y gestores del mundo rural, y la asunción del pago por **servicios ecosistémicos** por parte de la sociedad¹³⁴, como son las actividades rurales tradicionales en la prevención de incendios¹³³. En esta línea, una revisión científica indica que es necesaria más evidencia sobre el impacto de los incentivos fiscales para evitar el éxodo rural, así como una evaluación periódica del impacto de las políticas contra la despoblación¹³⁶. También cabe comprender las causas del proceso inverso y la llegada de nuevos rurales o neorrurales¹³⁷ que pueden indicar sendas de sostenibilidad para estos espacios. Estos se pueden ver atraídos por desarrollar agricultura ecológica o por las posibilidades del teletrabajo y actividades online^{138,139}.

Heterogeneidad de zonas protegidas e implicaciones

Los datos muestran un elevado impacto de los incendios en los espacios protegidos.

En España, el 41 % de la superficie forestal está incluida en un área protegida (equivale al 22,4 % del total del territorio)⁶⁴. En 2021, España tenía hasta 47 categorías de protección distintas ajustadas a las normativas estatales y autonómicas⁶⁴, siendo el nivel máximo de protección el **Parque Nacional**. Estos parques tienen características de especial valor ecológico y paisajístico, por lo que su protección es prioritaria. Así, aunque sus planes de gestión a veces contienen medidas específicas de prevención, extinción y restauración, estas se ajustan a la legislación autonómica correspondiente⁴⁰. Del mismo modo, la **Red Ecológica Europea Natura 2000**, que incluye espacios protegidos nacionales, autonómicos e, incluso, terrenos privados, también

· **Municipio rural:** Un municipio se clasifica como rural si tiene menos de 20.000 habitantes y menos de 100 habitantes por km², según la Ley 45/2007, de desarrollo sostenible del medio rural.

· **Servicios ecosistémicos:** Beneficios que un ecosistema aporta a la sociedad y que mejoran la salud, la economía, y la calidad de vida de las personas. Estos servicios resultan del propio funcionamiento de los ecosistemas y son, por ejemplo, la producción de agua limpia, la producción de madera o el uso de un paisaje para hacer deporte.

· **Parques Nacionales:** Se regulan por la Ley 30/2014, de 3 de diciembre, de Parques Nacionales, y el Real Decreto 289/2016, de 22 de Octubre, por el que se aprueba el Plan Director, además de sus respectivos Planes Rectores de Uso y Gestión (PRUG) presentados por cada parque, y aprobados por sus correspondientes administraciones gestoras (CC.AA.).

· **Red Ecológica Europea Natura 2000:** Red europea compuesta por los Lugares de Importancia Comunitaria, las Zonas Especiales de Conservación y las Zonas de Especial Protección para las Aves. Estos espacios tendrán la consideración de espacios protegidos, con la denominación específica de espacios protegidos Red Natura 2000. De acuerdo con la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad, deben disponer de instrumentos de planificación.

se rige por los instrumentos de planificación que determinen las comunidades autónomas²⁵. Todas estas figuras buscan proteger y restaurar la diversidad biológica y los ecosistemas, permitiendo una explotación y aprovechamiento sostenible de diferentes maneras, según sus normativas específicas, tal y como se indica en la Ley Estatal de Patrimonio Natural y Biodiversidad²⁵.

Las áreas protegidas, como el resto del territorio, están expuestas a los incendios, pero conferirles un estatus de preservación, no protege por sí mismo ante grandes incendios forestales (tal y como se ha comprobado en un estudio sobre Galicia)¹⁴¹. Los datos globales muestran un impacto elevado de los incendios sobre la Red Natura 2000, en el conjunto del ámbito europeo¹⁴². En España, de 2006 a 2015 la superficie forestal afectada en zonas protegidas alcanzó de media el 23,75 %⁵² y, en 2022 copó el 47 %²⁷, aunque hay mucha variabilidad entre años y regiones¹⁴³. En áreas protegidas mediterráneas del centro peninsular Español se ha comprobado que hay una alta probabilidad de que las igniciones se extiendan y se conviertan en grandes incendios, ya que hay más cantidad y continuidad de combustible que en zonas no protegidas²⁸. Cabe señalar que, en zonas de clima templado cerca de la costa atlántica, este patrón puede ser diferente. Las figuras de protección y sus planes de gestión asociados son variables a considerar en el estudio del riesgo, probabilidad de ignición u ocurrencia, y superficie afectada por incendios. Es, además, un área activa de investigación, que está suscitando mucho interés y debate en la comunidad científica y técnica^{27,28,141}.

Los incendios, por tanto deben tenerse en cuenta en la planificación y gestión de espacios protegidos. Actualmente, la legislación no limita la **prevención integrada** frente a los incendios^{27,28}, pero en muchos espacios no se está ejecutando, en buena medida por carencias en la coordinación y comunicación entre gestores¹⁴⁴. Un estudio que analiza la percepción del personal técnico y gestor de espacios de la Red Natura 2000 reveló que los instrumentos vigentes no contemplan de manera suficiente las actuaciones necesarias para la reducción del riesgo. Así, una mayoría del personal técnico consideró que era muy necesario establecer una metodología común para la identificación de zonas vulnerables dentro de los planes de gestión¹⁴⁴. Hay evidencias científicas que buscan fórmulas para integrar la gestión de incendios en la planificación de la conservación de biodiversidad, y priorizar dichas áreas teniendo en cuenta el régimen de incendios, las dinámicas de la vegetación y los posibles usos del suelo^{133,145,146}. De hecho, hay especies protegidas que pueden presentar riquezas más elevadas en paisajes moldeados por el fuego¹⁴⁷, por lo que también se aboga por incluir el fuego como herramienta de planificación y conservación¹⁴⁸, además de luchar contra los grandes incendios forestales en zonas protegidas¹⁴⁹. Aun así, la mitad de los técnicos y gestores de zonas protegidas de la Red Natura 2000 indican que el fuego prescrito (ver apartado de prevención sobre técnicas de reducción de biomasa) se utiliza o bien nunca, o solo excepcionalmente¹⁴⁴.

Prevención: una mirada a largo plazo

Se ha recomendado la gestión del 1 % de la superficie forestal nacional cada año como estrategia de prevención de incendios.

La **gestión forestal** incluye el conjunto de diversas técnicas y estrategias que pueden utilizarse para manejar un bosque. No intervenir un bosque o bien aplicar un enfoque de selvicultura concreto, se consideran ambas estrategias de gestión. Aunque existe un gran número de medidas de gestión forestal que contribuyen a la prevención de incendios forestales, persiste un desequilibrio entre la alta inversión en extinción y la menor inversión en partidas destinadas a prevención, o gestión integrada¹⁰. La gestión para prevenir los incendios forestales busca disminuir las igniciones, reducir o modificar la estructura del combustible disponible y fomentar áreas de estructura paisajística más resistente y resiliente al fuego⁵³. Los espacios naturales permiten los usos y el aprovechamiento (pastoreo, agricultura, gestión forestal, etc.)²⁵, aunque actualmente hay cierto abandono por la escasa rentabilidad y la despoblación. En cambio, las estrategias medioambientales enfocadas únicamente en la conservación de

· **Prevención integrada:** Conjunto de medidas para evitar, contrarrestar o disminuir el riesgo de incendios. Se denomina integrada o integral cuando la gestión se aborda de forma amplia y multidisciplinar.

· **Gestión forestal:** La gestión forestal sostenible se refiere a la administración y uso que mantenga la biodiversidad y su potencial para cumplir, ahora y en el futuro, sus funciones ecológicas, y sin causar daños a otros ecosistemas. La gestión integrada incluye la consideración de la dimensión del fuego en la toma de decisiones de otros aspectos gestionables.

los ecosistemas y que limitan la intervención, en la práctica podrían suponer restricciones a modificar el combustible y aumentar los riesgos de propagación de incendios forestales^{150,151}. Hay mecanismos que posibilitan que estos objetivos sean compatibles, para lograr una gestión y unos usos sostenibles¹⁵². Ante los riesgos existentes, en la Unión Europea se ha impulsado la “Nueva Estrategia de la UE en favor de los bosques para 2030”, que busca garantizar la protección, restauración y resiliencia adecuada de todos los ecosistemas en el futuro¹⁵³.

La fundación Pau Costa coordinó una declaración apoyada por un alto número de adhesiones del sector académico, Administración pública, sector privado, tercer sector y a título individual, que recomienda gestionar anualmente, como mínimo, el 1% de la superficie forestal a escala nacional (260.000 ha). El objetivo es preparar el territorio frente al paso de los grandes incendios forestales, priorizando **zonas estratégicas de actuación**^{134,154}. Para establecer la acción anterior sería necesario destinar alrededor de 1.000 millones de euros/año con un mantenimiento periódico para ser efectiva¹³⁴.

Gestión histórica de masas forestales

Las decisiones que se tomaron a principios y mediados del siglo XX explican la realidad forestal actual.

Los árboles y los bosques tardan décadas en crecer y alcanzar un estado maduro. Por ello, las decisiones en política y gestión forestal que se tomaron a principios y mediados del siglo XX en España, en parte, explican la realidad forestal 100 años más tarde¹⁶. Del mismo modo, los efectos de las decisiones que se tomen hoy se verán a largo plazo, en las condiciones que existan en el futuro. En la actualidad, existen grandes extensiones muy densas de pinos, que son fruto de los planes de reforestación de los años 1940¹⁶. Estas plantaciones presentaban la ventaja de permitir una repoblación rápida, tenían un carácter creador y protector del suelo, para disminuir la probabilidad de riadas y evitar la erosión¹⁶, y además en muchos casos eran rentables, adaptándose así a las necesidades de la industria maderera¹⁶. No obstante, hoy, la situación social y económica en estos montes no es la misma que la de hace un siglo. Se observa el declive de actividades primarias y tradicionales vinculado al envejecimiento y despoblación en el mundo rural¹⁵⁵, aunque la producción de setas, corcho o piñones aún ofrece rendimientos económicos¹⁵⁶. Por otro lado, algunas plantaciones de pino y eucalipto para producción de madera realizadas durante el siglo XX son actualmente poco rentables, razón por la que están siendo poco o mal gestionadas⁶ y ello ha aumentado el riesgo de incendios de alta intensidad¹⁵⁷. Esto también ocurre en los casos de repoblaciones protectoras que se ejecutaron a altas densidades y donde ahora no hay suficiente gestión¹⁵⁷. Esto está impidiendo el cumplimiento del objetivo de estas repoblaciones que fue el desarrollo de suelo efectivo para la regeneración natural o asistida de bosques mixtos¹⁵⁸ que, entre otros beneficios ecológicos, presentan mayor resiliencia a incendios forestales. En este contexto, la comunidad experta indica que la planificación a largo plazo ha de adaptarse a las predicciones climáticas y sociales del territorio (la actual Estrategia Forestal Nacional tiene como horizonte temporal 2050 y valora estos aspectos⁴¹).

Técnicas de reducción de biomasa y selvicultura

Pueden realizarse cortas selectivas o quemas prescritas centradas en reducir la conectividad y el combustible en los bosques.

La reducción de biomasa (potencial combustible) mediante corta selectiva, claras, desbroces, podas, o quemas prescritas se puede aplicar para reducir el riesgo de propagación de incendios^{159,160}. También puede promocionarse el pastoreo extensivo. Estas estrategias pueden reducir la **conectividad horizontal y vertical**. Por ejemplo, a nivel vertical, mediante podas y claras sostenibles se generan discontinuidades entre la vegetación del sotobosque y las copas de los árboles, para evitar que el fuego pueda ascender¹⁶¹. Además, mantener algunas zonas abiertas, de baja espesura, contribuye al paisaje en mosaico y proporciona hábitats a especies animales y vegetales que no pueden vivir en bosques cerrados^{7,162}.

Cortas selectivas. Estas son técnicas selvícolas propias de la ingeniería forestal y la ordenación de montes que seleccionan los árboles que se deben cortar para cumplir los objetivos de la

· **Zonas estratégicas de actuación:** Áreas óptimas para realizar maniobras de extinción seguras y limitar la propagación de grandes incendios forestales, bien por la adecuación de las infraestructuras, o por la preparación previa del terreno y combustible, entre otras razones.

· **Conectividad horizontal y vertical:** Cómo de cerca se encuentren los árboles dentro de una masa forestal, en superficie (horizontal), o respecto a la biomasa entre el suelo y la copa de los árboles (vertical).

zona que se quiere gestionar, entre los que se encuentran mejorar la salud de un bosque en su conjunto. Además, son útiles en situaciones concretas como las sequías⁹⁶ (**Cuadro 2**) y aportan resiliencia ante perturbaciones (climatologías adversas, tormentas o incendios leves)⁶³, reduciendo el riesgo de propagación de incendios. No obstante, no considerar la distribución espacial o una mala selección de los árboles a talar¹⁶⁴ pueden tener consecuencias negativas para la fauna, reduciendo su presencia y actividad^{165,166}. En este sentido, una monitorización de la fauna con herramientas automatizables permite evaluar los efectos de la tala en el ecosistema y, así, tomar decisiones que se puedan ejecutar con el menor impacto negativo posible¹⁶⁷.

Quemas prescritas. Consiste en la quema de combustible forestal (pastizales, matorral o sotobosque), cuando la meteorología y las características de un lugar permiten fuegos de baja intensidad, lo que reduce la degradación del suelo y los impactos^{10,168,169}. Consigue un régimen de fuego compatible con el territorio, mientras elimina biomasa que los animales herbívoros (salvajes o ganadería extensiva) no suelen comer. La ciencia ha demostrado que bien ejecutados no tienen efectos nocivos sobre los ecosistemas ni el suelo, si bien no son adecuados para todos los ecosistemas¹⁷⁰. En Portugal, con particularidades similares a España, el fuego técnico se ha introducido lentamente desde finales de los años 1990¹⁷¹. Su interés es creciente en varias comunidades autónomas¹⁷² y su aplicación está regida por las legislaciones autonómicas correspondientes. Asimismo, el Ministerio de Transición Ecológica y para el Reto Demográfico (MITECO) ha emitido en 2021 las pautas técnicas comunes para su gestión¹⁷³ y lleva ejecutando estas actuaciones de forma regular a petición de las CC. AA. desde 1998¹⁷⁴. Entre sus objetivos, están la protección de núcleos urbanos aislados, la mejora de hábitats, o la creación de puntos estratégicos para realizar maniobras ante posibles futuros incendios¹⁷⁵. Por otra parte, en función del tipo de personal que realiza y participa en las quemas, se requiere un alto nivel de formación¹⁷⁶. Asimismo, el mismo ministerio ha incidido en la necesidad de aumentar la seguridad jurídica hacia quienes ejerzan estas prácticas¹⁰. En cuanto a sus beneficios, se ha observado que las masas forestales en las que el fuego es parte de la gestión, son más resilientes a potenciales incendios¹⁷⁷. Por ejemplo, en Australia, un territorio en alto riesgo, las quemas prescritas son una práctica común en los bosques de eucalipto y en ellos, los estudios calculan que es necesario gestionar de esta manera tres hectáreas para evitar una hectárea quemada por incendio¹⁷⁸.

El papel de la agricultura y la ganadería en el paisaje

Abrir paisajes boscosos combinados con áreas abiertas resulta en cortafuegos naturales, a la vez que se mantiene la biodiversidad.

Desde un punto de vista de protección, aumentar la heterogeneidad paisajística, abriendo áreas boscosas combinadas con otros ecosistemas en mosaico (viñedos, pasto, etc.), evita la continuidad de la vegetación¹⁶¹. Por tanto, disminuye el riesgo de propagación de los incendios y puede tener efectos económicos positivos en la zona^{53,133}. Así, la comunidad científica ha establecido que combinar agricultura y ganadería extensiva y sostenible con bosques gestionados para ser resistentes al fuego es la mejor forma de reducir los daños provocados por este^{133,141,179}. Además, es compatible con la conservación de la biodiversidad y con los objetivos climáticos europeos¹⁸⁰. Algunos ejemplos son la dehesa, un tipo de ecosistema desarrollado por el hombre, que sostiene una alta biodiversidad y cuya estructura física dificulta la propagación de los incendios¹⁸¹, también las áreas agrarias y forestales de alto valor natural¹⁸², o la agricultura regenerativa¹⁸³.

La biodiversidad se mantiene elevada cuando el mosaico tiene una distribución y funcionalidad particular¹⁸⁴, mientras que se garanticen corredores y conexiones entre las distintas partes del mosaico¹⁸. España ya tiene gran parte de su territorio articulado de alguna forma en mosaico o fragmentado por su gran actividad agraria; aunque este tipo de paisaje está en declive por el abandono rural⁴⁷. Desde el MITECO, se recomienda fomentar el ganado menor, que contribuye a reducir el combustible, mediante pagos específicos¹⁰. Respecto a la Política Agraria Común (PAC), el MITECO ha indicado que podría reforzarse la condicionalidad para favorecer buenas prácticas y retirar ayudas a superficies afectadas por incendios intencionados¹⁰. A su vez, el Comité de Lucha contra Incendios Forestales (CLIF) argumenta la necesidad de una mayor contribución de la PAC en la promoción, conservación y apoyo de los sistemas forestales¹⁸⁵ y que esto quede recogido en la estrategia nacional¹⁸⁶. Este objetivo se alinea con la estrategia forestal de la UE¹⁵³.

A medio-largo plazo, un problema del sector es que tiene dificultades para la renovación generacional¹⁸⁷: de 2009 a 2020 ha disminuido en un 7,6 % el número de explotaciones agrarias¹⁸⁸. Un modelo agrario de alta productividad, predominante en el país, ha tenido el coste de simplificar el paisaje y reducir la biodiversidad, lo que históricamente ha derivado en la pérdida de trabajos en el mundo rural y se ha fomentado la migración del campo a las ciudades¹²⁸. Se ha argumentado en la literatura científica que el tipo de modelo agrario que se potencie se relaciona con el uso rural o despoblación y, por tanto, es necesario encontrar fórmulas en las que se potencie la capacidad agraria de contribuir a la revitalización rural¹⁸⁹.

Por último, cabe señalar que, incluso con unos paisajes optimizados, los megaincendios son capaces de generar focos secundarios a decenas de kilómetros, saltándose las barreras naturales que pararían incendios de intensidad moderada^{57,190}.

Aumentar la resiliencia ecológica como estrategia de prevención

Mejorar y restaurar los ecosistemas les dota de mayor capacidad de resiliencia ante los incendios.

Los ecosistemas forestales degradados y simplificados son de los más vulnerables al fuego. En España, el 91 % de los tipos de hábitat de interés comunitario con potencial de arder (bosques, matorrales, arbustivos...) se encuentran en un estado de conservación "desfavorable" o "muy desfavorable"¹²⁴, particularmente, en la región mediterránea. Además, a nivel europeo, hay un deterioro de las masas forestales causado por defoliación (pérdida de hojas)¹²⁵. La **restauración ecológica** incluye acciones que permiten a los ecosistemas ganar resistencia (menor susceptibilidad a quemarse) y resiliencia (mayor capacidad de regeneración en caso de quemarse) a la vez que se mitigan los efectos del cambio climático¹⁹¹.

En esta línea, la propuesta de Reglamento del Parlamento Europeo y del Consejo sobre la Restauración de la Naturaleza¹⁹² obliga a los Estados miembros a elaborar planes de restauración para mejorar, al menos un 20 % de ecosistemas desde su aprobación hasta 2050¹⁹². Para lograrlo, establece indicadores vinculantes, que en materia forestal son, entre otros: mayor conectividad forestal, elevar las reservas de carbono orgánico y más acumulación de madera muerta en pie o caída¹⁹². Los valores crecientes de estos indicadores son positivos para la biodiversidad y para la salud general de los ecosistemas¹⁹³⁻¹⁹⁶. Sin embargo, en los ecosistemas mediterráneos podrían tener, en algunos casos, el efecto de favorecer los incendios de mayor severidad⁴⁰. Por todo ello, la implementación en España será beneficiosa si se apoya en una evaluación para fomentar la biodiversidad y los ecosistemas saludables (el objetivo general), sin olvidar la integración de la gestión forestal relacionada con el fuego (como particularidad mediterránea). Por ejemplo, en el caso de la acumulación de madera muerta, los fragmentos de pequeño tamaño, como ramas y hojarasca, aumentan el riesgo de incendios⁹³. Pero el indicador podría ser compatible si se mantienen los troncos de gran tamaño cerca del suelo, puesto que estos retienen la humedad, son poco inflamables y pueden suponer una barrera en algunos tipos de incendios⁹³. De hecho, una eliminación indiscriminada de madera muerta entendida solo como combustible y no como valor de biodiversidad sería perjudicial para algunas especies y para el ecosistema^{193,197}. Aun así, ante una alta intensidad de fuego, la madera de gran tamaño puede también contribuir a la propagación, ardiendo durante varios días¹⁹⁸. Por tanto, es una cuestión de escala: la evidencia científica indica que mantener una cantidad de troncos muertos menor a 3 kg/m² evita incendios que superen la capacidad de extinción (para otros tipos de biomasa: matorral y hojarasca a 2 kg/m², solo matorral a 1 kg/m², o pasto seco a 0,5 kg/m²)¹⁹⁹. Además, en el diseño del plan de restauración nacional es fundamental tener en cuenta: las variaciones en curso y previstas en las condiciones medioambientales provocadas por el cambio climático¹⁹². Sin olvidar otros obstáculos detectados, como: escasa financiación, conflictos de intereses entre los diferentes actores del territorio y escasa prioridad política hacia la restauración²⁰⁰.

Por otro lado, la Unión Europea ha propuesto una regulación de monitoreo de bosques que promueva información y datos completos, útil para los Estados miembro y para los gestores, con el fin de mejorar su respuesta a los riesgos a los que están sujetos los bosques y para fortalecer su resiliencia²⁰¹.

· **Restauración ecológica:** El retorno de los ecosistemas a su estado anterior.

Existen estrategias preventivas específicas en las transiciones urbano-forestales.

Prevención periurbana

Más de la mitad de la población de España vive en zonas de transición urbano-forestal, que constituyeron el 16,9 % del total de área quemada entre los años 2013-2020²⁰². En la cuenca del Mediterráneo, los incendios se caracterizan por quemar rápidamente el paisaje y por propagarse mayoritariamente durante las primeras 12 a 24 horas, con el mayor riesgo para la población durante las primeras horas¹¹. En las Orientaciones Estratégicas publicadas por el MITECO, se indica la necesidad de sensibilizar y concienciar sobre el riesgo a la población general y a colectivos particulares¹⁰. De igual manera, se considera importante establecer mecanismos de colaboración y participación con distintos grupos: propietarios forestales, gestores de territorio y los responsables de planificación urbanística y diseño de infraestructuras¹⁰. Por su parte, el sector forestal establece como urgente el desarrollo de planes de autoprotección de urbanizaciones e infraestructuras¹³⁴. La normativa de protección civil obliga a numerosos municipios a adoptar planes de prevención de incendios^{44,45}, sin embargo, en 2019, se estimó que dos de cada tres municipios en riesgo aún no tenían un plan vigente²⁰³. Como respuesta, la Fiscalía de Medio Ambiente ha aumentado la vigilancia para velar por el cumplimiento²⁰⁴.

Algunas estrategias específicas propuestas para estas zonas periurbanas incluyen el uso de rebaños de ovejas o cabras "bomberos" (*ramats de foc*)²⁰⁵, los riegos prescritos (que requieren acceso a agua)²⁰⁶ o la creación de franjas anchas desprovistas de vegetación en el entorno²⁰⁶. No obstante, esta última medida puede no tener mucha aceptación social o ser difícil de implementar por los propietarios del territorio²⁰⁷.

Extinción

España tiene una política de extinción total, que tiene el efecto colateral de acumular más combustible, con el potencial de que se generen fuegos más intensos.

En España, el fuego es un factor natural que siempre ha existido y que, ecológicamente, contribuye a la gestión de sus bosques, generando ciclos recurrentes de renovación y disminución de combustibles^{148,157,208}. En la actualidad, el país tiene una política pública de extinción total, ante el riesgo que puede suponer el descontrol de los incendios para los ecosistemas y para la población. La comunidad científica expone que esta supresión total tiene el efecto colateral de facilitar la acumulación de más combustible y de forma más homogénea (porque los fuegos no llegan a eliminarlo). Por ello, pueden surgir incendios más intensos, que obligan a su vez a las Administraciones a invertir en más recursos de extinción. Este fenómeno se denomina la "paradoja de la extinción"¹¹. Esta misma política en EE. UU., se unió a campañas de sensibilización de la población desde los años 1950 y han llevado a algunas áreas a acumular combustible, haciendo que los incendios actuales sean especialmente catastróficos²⁰⁹. En España, se realizó una campaña similar en 1990, "Todos contra el fuego"²¹⁰. Existen propuestas para avanzar desde una visión que busca apagar todos los conatos, hacia una integración del fuego y de sus funciones como parte de las dinámicas naturales del paisaje (permitiéndolo en algunas situaciones concretas)²¹¹. En esta línea, la comunidad científica y técnica pide garantizar la seguridad jurídica y protocolizar las quemas prescritas¹⁰ o, incluso, sugiere dejar arder de forma controlada algunos fuegos que se inicien por causas naturales de baja intensidad en situaciones muy concretas^{212,213}. En este sentido cabe destacar la experiencia del Valle de Arán en Cataluña, donde por primera vez en Europa un programa de quemas prescritas prevé el dejar arder fuegos no planificados en determinadas condiciones, cuando sus efectos previstos son de carácter positivo^{214,215}.

Ante la tendencia actual de mayor gravedad y desestacionalización de los incendios, el Real Decreto-ley de medidas urgentes del 2022, que modifica la Ley 43/2003 de Montes, obligó a las comunidades autónomas (que ostentan las competencias de extinción) a tener planes preparados durante todo el año, en lugar de únicamente en las temporadas de riesgo máximo²¹⁶.

La vigilancia es la primera línea de defensa en la extinción de los incendios. Incluye el análisis de riesgos y la detección temprana del fuego mediante sistemas de avisos. La llegada del operativo en España se da entre los primeros 15-30 minutos tras declararse el fuego.

Vigilancia y tecnologías de detección temprana

La vigilancia activa es la primera línea de defensa en la extinción de los incendios forestales. Abarca el análisis del riesgo (de comportamiento de fuegos activos, o antes de que aparezcan), la emisión de alertas tempranas, la detección temprana del fuego y la coordinación en el terreno. Ante la intensidad del régimen de incendios, el sector industrial está volcado en el desarrollo de nuevas tecnologías relacionadas con la detección temprana y, entre 2010 y 2021, se han publicado en el mundo 1.727 documentos de patente o modelos de utilidad para este fin²¹⁷. Asimismo, la Agencia Estatal de Investigación incluyó entre sus prioridades temáticas el impulso de nuevos sistemas para la prevención y lucha contra incendios forestales con tecnologías avanzadas²¹⁸. Por su parte, el Centro de Coordinación de la Información Nacional sobre Incendios Forestales centraliza y pone a disposición de las administraciones públicas competentes toda la información disponible sobre riesgo de incendios, medios y personal disponibles, en tiempo real²¹⁹. Sin embargo, los expertos piden que se refuerce para mejorar el intercambio de información entre Administraciones¹⁰.

Análisis de riesgos potenciales y activos. Antes de un incendio, la evaluación de las condiciones de la vegetación, la humedad del combustible⁹⁵, o la meteorología, entre otras, permite identificar las áreas más propensas a arder, para repartir estratégicamente los recursos operativos. La Agencia Española de Meteorología (AEMET) publica diariamente un mapa de riesgo meteorológico de incendios a nivel nacional²²⁰; además, muchas comunidades autónomas se guían por sus propios índices de riesgo²²¹. Las tecnologías están aumentando en eficiencia y en fiabilidad²²². Durante un incendio, se puede identificar también su capacidad de propagación, así como los perímetros del fuego con mayor capacidad de extenderse, para ofrecer opciones realistas a los equipos de extinción y gestionar respuestas de emergencia apropiadas²²³.

Zonificación del riesgo y legislación. Tras la reforma legislativa del RDL 15/2022²¹⁶, el artículo 48 de la Ley 43/2003 de Montes dicta que las comunidades autónomas deben indicar en sus planes las épocas y los territorios de mayor riesgo. También establece que si las agencias meteorológicas predicen un riesgo de incendio muy alto o extremo, deben aplicarse inmediatamente prohibiciones establecidas en los planes anuales: evitar igniciones y el uso del fuego⁴². Cabe señalar que la alerta meteorológica por sí sola no informa sobre el potencial comportamiento del fuego, sino que es necesario otro tipo de información, como la sequedad, cantidad y disposición del combustible⁹⁵. El Real Decreto indica que el Ministerio de Transición Ecológica debe contar con una herramienta de niveles de riesgo en el territorio para tomar decisiones operativas en la prevención, vigilancia y extinción de incendios. En esta línea, conjuntamente con el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, ha desarrollado la herramienta ARBARIA, basada en inteligencia artificial, y que tiene en cuenta los datos históricos de incendios, factores meteorológicos y socioeconómicos². Sus predicciones son acertadas en torno al 80 % de los casos²²⁴.

Detección temprana del fuego. Es posible utilizar sistemas de vigilancia y detección por satélite, torres de vigilancia, patrullas terrestres²²⁵, avisos de la ciudadanía a través del teléfono de emergencias²²⁶, o cámaras automatizadas²²⁷, para detectar incendios en sus etapas iniciales. La información satelital (por ejemplo, procedente de Sentinel-2 o del sistema Copernicus²²⁸) es útil cuando los fuegos ya se han extendido en áreas amplias, pero no son operativamente las más eficientes en etapas iniciales²²⁹. En cambio, el análisis con inteligencia artificial y aprendizaje automático²³⁰ permite una detección temprana eficiente, utilizando información de imagen, video o sonido procedente de sensores, imágenes fijas aéreas²³¹, teledetección remota²³² y otros dispositivos. Pueden, incluso, disponerse sensores en el terreno alimentados con energía solar y conectados a internet²³³. Por otra parte existen nuevas tecnologías que utilizan servidores centralizados para emitir alertas tanto a la administración correspondiente como a las personas en la proximidad²²⁹. La rapidez en la llegada de medios que tiene España sugiere que no existe un problema reseñable en materia de detección²¹⁷.

Gestión operativa, táctica y estratégica

Actualmente, se busca mantener la iniciativa del operativo frente a las condiciones del fuego, cambiando el foco de los problemas inmediatos a la búsqueda de un escenario final.

La gestión a niveles operativo, táctico y estratégico es esencial para combatir incendios forestales de manera efectiva. El dispositivo operativo son los medios de que se dispone en cada incendio para su extinción. El nivel táctico distribuye los esfuerzos en el espacio y en el tiempo durante un incendio para conseguir los objetivos y prioridades definidos en la estrategia. Y la estrategia es el escenario final elegido, que maximiza la certidumbre y aporta credibilidad a las decisiones tácticas y operativas¹¹, a la vez que tiene en cuenta el comportamiento del fuego (**Cuadro 3**).

La comunidad de analistas de incendios ha propuesto que debe profundizarse en una metodología de extinción que modifique las decisiones tácticas y operativas en base a una estrategia, buscando resultados finales previamente definidos, en vez de dejar que los problemas inmediatos sean el principal criterio a seguir¹¹. Así, se buscaría un aumento en la capacidad y resiliencia del sistema de respuesta en su conjunto, manteniendo la iniciativa del operativo frente a las condiciones del fuego¹¹. En paralelo, se coordina la protección civil, la planificación de evacuaciones, el establecimiento de rutas seguras y su comunicación a las poblaciones afectadas para garantizar su seguridad. En España, esta metodología está articulada en los planes autonómicos INFO, que articulan los procesos de toma de decisiones, aplicando protocolos de Sistema de Manejo de Incidentes (SMI). Estos organizan los dispositivos y trabajan en atención a una planificación del comportamiento esperado del incendio²³⁴.

La alarma inicial se envía a centros de defensa territorial, que salen en un primer ataque. En España, los tiempos de llegada y de despliegue del operativo para la mayoría de los conatos están entre 15 y 30 minutos²¹⁷. Si el personal (por ejemplo, un técnico con una brigada de bomberos o **retén**) evalúa que hacen falta más medios, se envía un ataque ampliado y más medios, por orden: primero zona, luego provincia, otras provincias o regionales, o se solicita apoyo a otras CC. AA. o a medios estatales⁴². Los grandes incendios son los que demandan más coordinación y los que incorporan más innovación tecnológica²¹⁷. Si bien existen protocolos de coordinación entre cada comunidad autónoma y el MITECO, que puede enviar medios y aeronaves previa solicitud de cada administración autonómica^{235,236}, no hay protocolos estandarizados de colaboración entre CC. AA. no adyacentes, a excepción del recientemente aprobado módulo FAST (*Forest Fire Assessment and Advisory Team*). Si bien juega un papel esencialmente internacional, FAST se ha movilizó también para el apoyo dentro del Estado^{237,238}.

Los medios estatales se encuentran desplegados en el territorio de forma diferencial en las campañas de verano y de invierno²³⁹. Incluyen medios aéreos, brigadas de refuerzo (BRIF), brigadas de labores preventivas (BLP), equipos de prevención integral (EPRIF), unidades móviles de análisis y planificación (UMAP) y equipos de planificación y análisis (EPAIF)²⁴⁰. A nivel autonómico los medios y grupos pueden tener diferentes formas de organizarse, a veces sin unidades equivalentes o con funciones adicionales. Los bomberos forestales, la primera línea frente al fuego, están sujetos a múltiples riesgos y han apoyado la creación de un estatuto básico que recoja sus derechos y deberes, en forma de Proyecto de Ley, con buena acogida general pero que quedó congelado por la convocatoria de elecciones generales de 2023²⁴¹. En dicho estatuto, se busca regular las funciones propias del personal que realice actividades de extinción, prevención, detección, vigilancia, información a la sociedad o de apoyo a las contingencias que se produzcan en el medio natural y rural. Además, se pide que las Administraciones competentes promuevan la formación continuada y reglada a sus trabajadores²⁴¹.

¹¹**Retén:** Grupo de bomberos y técnicos que tiene la función de controlar y extinguir los incendios con los medios adecuados, interviniendo en cualquier lugar donde se produzca una emergencia, accidente o catástrofe.

El incendio puede clasificarse según la parte de la vegetación a la que afecte, también según su comportamiento, y dentro de este, en zonas con comportamientos de diferente gravedad.

Se están poniendo medios para reponer y actualizar la flota estatal de hidroaviones, que está envejecida. Las nuevas tecnologías pueden facilitar el ataque a incendios de gran magnitud. Es importante que estas tecnologías también alcancen al personal en primera línea contra el fuego.

Cuadro 3. Comportamiento del fuego durante un incendio

Cuando el fuego está fuera de control, pasa a llamarse incendio²⁴². Un incendio se mantiene a una temperatura entre los 1.000–1.200 °C, mientras haya oxígeno en el aire y combustible disponible. La clasificación más simple usa los estratos de combustible alcanzados: incendios de subsuelo²⁴³, de superficie²⁴⁴ o de copas, siendo estos últimos los más graves, por presentar mayor dificultad de extinción y peores efectos en los bosques¹¹⁷. Por otro lado, según su comportamiento pueden clasificarse por su forma en el espacio (circular, elíptica, irregulares...), que depende de la distribución de la vegetación y el impulso del viento¹¹⁷.

Dentro de un incendio, se distinguen distintas partes según su localización y comportamiento, entre ellas, el origen, el frente (zona de mayor propagación), la cola (zona opuesta al frente) o focos secundarios (fuera del perímetro del incendio)¹¹⁷. Aunque en un incendio clásico existe un frente que avanza como una cortina, dejando tras de sí una zona calcinada ya agotada, en los megaincendios el terreno sigue ardiendo sin apagarse²⁴⁵. En ellos, pueden llegar a formarse pirocumulonimbos: nubes de humedad evaporada de árboles y plantas mezcladas con humo, que retroalimentan el incendio y pueden encender focos secundarios a gran distancia del principal, bien por tormentas eléctricas o por corrientes de aire ardiendo^{190,246}.

Medios y tecnologías de apoyo a la extinción

Entre 2010 y 2021, se publicaron en el mundo 1.928 solicitudes de patente enfocadas a la extinción de incendios, un 6,88 % en España. Se centran en tecnologías aéreas, automóviles, productos químicos retardantes (algunos de los cuales generan problemas medioambientales posteriormente), tecnologías de lanzamiento de largo alcance o misil, o equipos portátiles para el personal²¹⁷. Asimismo, se está desarrollando maquinaria y robótica de pequeño tamaño y automatizada²⁴⁷. Por el momento, el área de mayor innovación para la extinción son las tecnologías aéreas. Además de aviones y helicópteros, la tendencia es hacia el desarrollo de drones que lancen ataques contra el fuego. Sin embargo, por los volúmenes que pueden transportar o por las limitaciones legales cuando hay otros medios aéreos desplegados, la aplicabilidad es por ahora limitada²¹⁷.

Flota de aeronaves propiedad del estado. En 2023, el MITECO posee 18 aviones anfibios^{248,249,249}, pero solo 9 pudieron ser desplegados simultáneamente en la campaña de 2020 para apoyar a las comunidades autónomas²⁵⁰. Algunos de estos medios fueron adquiridos y están en funcionamiento desde los años 1970²⁵¹, lo que implica un mantenimiento frecuente, limitando su disponibilidad. Así, en las Orientaciones Estratégicas para la Gestión de Incendios Forestales publicadas por el MITECO se indica la necesidad de renovación de medios aéreos, bien por obsolescencia de las aeronaves actuales, o bien por los nuevos avances tecnológicos alcanzados¹⁰. A este respecto, hay un interés creciente en el sector industrial europeo para desarrollar aviones anfibios con nueva tecnología específicamente diseñada para afrontar megaincendios, con mayor capacidad de carga y bombeado de agua o retardantes, velocidad, precisión operativa y seguridad^{252,253}. En el Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia de 2021, se contemplaba la adquisición nacional de nuevos aviones anfibios, así como la actualización de la instrumentación electrónica de los aviones²⁵⁰. A nivel europeo, se ha encargado la producción de 12 nuevos aviones anfibios modelo *Canadair* para la flota europea rescEU (mecanismo actualizado de protección civil de la UE), pero no estarán listos hasta 2027^{254,255}.

Medios humanos y equipos portátiles. Los bomberos, la primera línea frente a los incendios, pueden llevar mochilas con agentes extintores (en España solo llevan agua con o sin retardantes, aunque hay otras opciones)²¹⁷. Este colectivo utiliza equipos de protección personal ignífugos, que son esenciales para evitar quemaduras y poder desempeñar su trabajo²⁵⁶. Existen numerosos criterios textiles y fisiológicos para el desarrollo tecnológico de sus equipos²⁵⁷. Llevar puestos estos equipos requiere una actividad física elevada y, por ello, la productividad se reduce progresivamente durante los ejercicios de extinción²⁵⁸. Durante las labores de

extinción, es cuando este colectivo de profesionales tiene mayor mortalidad⁸⁴. Además, se ha demostrado que por su actividad laboral, tienen más probabilidades que el resto de la población de padecer afecciones cardiovasculares y más riesgo de algunos tipos de cáncer^{259–264}. De hecho, la Organización Mundial de la Salud (OMS) clasifica esta actividad como carcinogénica²⁶⁵. En España, se ha asociado mayor mortalidad con posibles fallos o mal uso en la protección respiratoria de los trajes durante la extinción, aunque se señala que hace falta más investigación para ser concluyentes²⁶⁶. El CLIF ha adoptado unas recomendaciones mínimas para las CC. AA., de acuerdo al Catálogo de Equipos de Protección Individual (EPI), actualizado en 2011²⁶⁷. Entre los últimos avances tecnológicos incorporables en sus equipos y que podrían ayudarles en el trabajo de campo, se encuentran: visores de imagen térmica, dispositivos de ultrasonido para monitorear estado de salud en directo, dispositivos de geolocalización (incluyendo barómetros y acelerómetros) o sensores de condiciones ambientales en directo²⁶⁸.

Restauración de zonas quemadas

Tras un incendio, se deben aplicar medidas puntuales inmediatas que eviten más daños sobre el suelo o a las personas e infraestructuras, y que comprendan la realidad socioecológica del territorio en el medio-largo plazo.

En España, está prohibido el cambio de uso forestal tras un incendio al menos durante 30 años, así como cualquier actividad incompatible con la regeneración de la cubierta vegetal⁴². La restauración de áreas quemadas, que no en todos los casos conlleva una reforestación, es una oportunidad para fomentar el desarrollo de ecosistemas resilientes frente a los desafíos que plantea el cambio climático durante las próximas décadas y, en particular más resilientes a los grandes incendios forestales⁶. La Ley 43/2003 de Montes⁴² establece que las CC. AA. pueden solicitar colaboración estatal a trabajos de restauración en zonas quemadas de ciertas características: incendios en extensiones mayores de 10.000 ha, mayores de 5.000 ha de las que el 70 % fuera forestal, o mayores de 500 ha en municipios que aporten el 50 % a la Red Natura 2000 (los umbrales son menores en territorios insulares). Dichos trabajos pueden ser de restauración hidrológico-forestal, regeneración y recuperación de espacios de la Red Natura 2000, apoyo a la retirada y tratamiento de biomasa forestal, control de plagas y restauración de infraestructuras²⁶⁹. Además la Política Agraria Común Europea puede facilitar ayudas europeas para recuperar el potencial forestal posterior a un incendio²⁷⁰.

Evaluación y toma de decisiones durante el primer año

Tras un incendio forestal, se debe evaluar la necesidad de aplicar medidas puestas, que no siempre hace falta gestionar activamente con el objetivo de evitar más daños y permitir la regeneración de la zona. El área quemada y la severidad se evalúan inmediatamente después del incendio a través de imágenes y datos satelitales (como Sentinel-2 o Landsat-8)²⁷¹ y, con más detalle sobre el terreno, con sensores LIDAR montados en drones aéreos^{272,273}. Esta información contribuye a entender qué zonas necesitan ser restauradas y cuáles no, así como el tipo de medidas que se requieren. Además, uno de los problemas más importantes es la posible pérdida de suelo por erosión, esencial para la regeneración de la zona (**Cuadro 4**). Su abordaje debe realizarse durante el primer año, particularmente si la regeneración natural es demasiado lenta. Antes de realizar cualquier acción hay que evaluar, durante el primer año, la capacidad de los ecosistemas de recuperarse, ya que hay muchas situaciones en las que tienen adaptaciones al fuego y se regenerarán de forma natural. Por tanto, algunos tipos de intervenciones podrían ser contraproducentes. Por ejemplo, hay árboles que pueden rebrotar de forma natural²⁷⁴, como son las especies del género *Quercus* (encinas, alcornoques, quejigos, roble...)²⁷⁵, numerosos matorrales (brezos, retamas...) o el pino canario²⁷⁶. Otra adaptación es la persistencia del ecosistema mediante la regeneración natural por semillas, que se acumulan a lo largo de décadas en el suelo o en las copas de los árboles y germinan masivamente tras el fuego²⁷⁷.

· LIDAR. Acrónimo del inglés "Light Imaging Detection and Ranging", son dispositivos que permiten determinar la distancia desde un emisor láser a un objeto o superficie utilizando un haz láser pulsado.

Es fundamental preservar el suelo tras un incendio y reducir la erosión, puesto que es la base sobre la que se podrá recuperar la vegetación.

Cuadro 4. Protección del suelo y erosión

El suelo es un recurso no renovable que tiene relación directa con la salud humana, las economías agrarias, la calidad y potabilidad del agua, y la seguridad alimentaria²⁷⁸. De forma general, además de por los incendios y la erosión, el suelo está amenazado por el cambio climático, la sobreexplotación y la contaminación. De hecho, en la Unión Europea (UE) se calcula que un 60 % de los suelos no tienen una buena salud. Esta salud se define por la capacidad del suelo de funcionar como ecosistema y sostener a animales, plantas y humanos²⁷⁹. Muchas de estas funciones son llevadas a cabo por las especies del suelo²⁸⁰: microorganismos²⁸¹ e invertebrados como los artrópodos²⁸², que hacen disponibles los nutrientes, fomentan el crecimiento de las plantas por contacto a través de las raíces, o fomentan su tolerancia al estrés²⁸¹. Estos hechos hacen que los suelos sean una prioridad para la UE y ya se haya propuesto una directiva para monitorear su salud y resiliencia²⁸³.

Inmediatamente después de un incendio, la fertilidad del suelo se puede reducir por la pérdida de nutrientes debido a la combustión²⁹, con el consecuente perjuicio para las comunidades biológicas del suelo y las plantas que lo habitan²⁸⁴. Asimismo, la degradación del suelo aumenta el riesgo de erosión corrimientos de tierra, e inundaciones²⁸³. Si, tras un incendio, se dan unas lluvias de intensidad alta o moderada, estas pueden erosionar el suelo rápidamente²⁸⁵, sobre todo, en el contexto actual de cambio climático, en el que los fenómenos climáticos extremos tienden a aumentar en frecuencia²⁸⁶. Además, se compromete la calidad del agua en los núcleos de población del entorno por los movimientos de la ceniza, lo que puede afectar a la salud de las personas y de todo el ecosistema²⁸⁷. Todo ello revierte en cambios de diversidad e interacciones de las comunidades microbianas del suelo²⁸⁸, alterando la capacidad del suelo de llevar a cabo sus funciones²⁸⁰, con un particular impacto económico en los agroecosistemas²⁸⁹. Las mejoras tecnológicas de los últimos años permiten usar estas comunidades microbianas como bioindicadores de la salud del suelo, en sistemas sanos o degradados, y ayudan a evaluar sus posibles mejoras²⁷⁸.

Tras un incendio, es más económico proteger el suelo que restaurarlo tras su erosión. Por ello, la comunidad científica recomienda, en zonas en las que se espera una pérdida sustancial del mismo, cubrir el suelo quemado con residuos madereros y agrarios (*mulching*), como principal herramienta de protección^{285,290} o construir barreras físicas como terrazas, vallas o fajinas (troncos de madera)²⁹¹. Se ha detectado que la mayor falta de evidencia se encuentra en asociar el *mulching* con la calidad o la cantidad de agua de la cuenca hidrográfica²⁹².

La retirada de madera muerta es una decisión compleja con ventajas e inconvenientes, para la que se deben tener en cuenta, en cada situación, las características ambientales y los objetivos de gestión de cada la zona quemada particular.

Retirada o no de la madera quemada⁹³. La corta o extracción de la madera quemada (en inglés, *salvage logging*) es una medida recomendada cerca de caminos y de infraestructuras, donde la caída de un árbol pueda poner en riesgo a las personas, pero en otros casos puede no estar recomendada. La aplicación de esta medida debe balancear la conservación de la biodiversidad y el posible retorno económico a lo largo de distintas secciones del paisaje quemado²⁹³; y en conjunto, restituir las funciones ambientales de la zona quemada para mejorar la respuesta ante perturbaciones subsecuentes²⁹³. Algunas especies de árboles pueden rebrotar y, por tanto, se debe evitar su tala. Además, los restos vegetales de madera muerta ayudan a preservar el suelo y a la regeneración natural de las comunidades que se vayan a establecer, por ejemplo, fertilizando el suelo a medio-largo plazo y generando cierto nivel de sombra y manteniendo la humedad²⁹⁴. Un motivo importante por el que se realiza es que la madera quemada muerta tiene un valor económico aproximado de 40.000.000 euros/año (total de madera de España, dato de 2005), una cifra 10 veces menor que la de la madera intacta¹³⁵, pero su valor decrece rápidamente por la descomposición o colonización por insectos que se alimentan de madera. Se suele realizar pronto tras el incendio pues si comienza la degradación natural su valor económico se pierde²⁹³. Esta tala presenta unas desventajas ecológicas y puede ser una perturbación en sí misma: aumenta la erosión del suelo (**Cuadro 4**) y los impactos de posibles lluvias torrenciales y elimina la función protectora de la madera ante caídas de rocas o avalanchas. También aumenta el estrés microclimático en las plantas por la radiación del sol en el suelo y las fluctuaciones de temperatura asociadas²⁹⁵. En la fauna, esta tala reduce la posibilidad de esconderse de herbívoros y predadores y elimina hábitats y alimento de insectos especializados en la madera muerta, incluyendo muchas especies de escarabajos de la madera. Todo ello afecta a la biodiversidad de la zona²⁹⁶. En

la misma línea, reduce la provisión de servicios ecosistémicos, especialmente cuando se realiza poco después del incendio²⁹⁷. Aun así, en caso de realizarse, en guías técnicas oficiales se aconseja mantener en pie al menos el 15-30 % de los árboles²⁹⁸. Entre sus ventajas está que se reduce la cantidad total de combustible ante un futuro posible incendio⁹³, o que los troncos pueden reutilizarse para construir fajinas (estructuras para evitar los movimientos en masa de rocas y agua, aunque no siempre son efectivas para la recuperación²⁹⁹), o que puede facilitar la implementación de otros trabajos forestales posteriores en la zona.

Estrategias de restauración a medio-largo plazo

En los ecosistemas mediterráneo y templado, tras un incendio, es muy frecuente que se recupere la vegetación que había antes del incendio²⁷⁵. No obstante, este proceso no siempre ocurre de forma suficiente. En caso de daños graves y/o escasa capacidad de regeneración natural, puede favorecerse la recuperación mediante reforestaciones o actuaciones específicas, como el desbroce y clareo de ciertas especies cuando son demasiado abundantes e impiden la generación de una vegetación más diversa. Aunque no hay consenso generalizado, parece que fomentar una mayor biodiversidad puede contribuir a evitar daños futuros en el ecosistema y sus funciones³⁰⁰.

La restauración activa debe enfocarse en tipos de vegetación adaptados al cambio climático y a los regímenes de perturbación actuales o futuros.

Un enfoque de comunidades biológicas. La restauración a largo plazo debe considerarse como un proceso de varias décadas en el que intervienen, no solo el número y la identidad de las especies, sino también la estabilidad del conjunto de la comunidad biológica, las relaciones e interacciones entre especies, sus abundancias y sus funciones ecosistémicas⁶². Tras un incendio, la nueva comunidad no tiene por qué coincidir con la que ha ardido. Las perturbaciones naturales también pueden ser oportunidades para mejorar la biodiversidad y restaurar ecosistemas degradados³⁰¹, o adaptarlos al clima y régimen de incendios futuros^{161,302,303}. En primer lugar, los incendios de pequeño y mediano tamaño reducen la biomasa en la zona afectada e introducen heterogeneidad en el paisaje y, así, se disminuye la probabilidad de nuevos incendios durante un tiempo determinado³⁰⁴. Otro ejemplo de efectos positivos se da en las plantaciones monoespecíficas de pino de la región mediterránea, que generan actualmente importantes retos de gestión⁶. Aparte de la adaptación de algunas masas de pinar, por ejemplo, mediante claras en algunas zonas, en su lugar pueden recuperarse otros ecosistemas mejor adaptados frente a distintas situaciones: la restauración activa debe enfocarse en tipos de vegetación adaptados al cambio climático y a los regímenes de perturbación actuales o futuros^{7,301}. Por ejemplo, el uso en reforestaciones de especies adaptadas al fuego (como el alcornoque, cuya corteza tiene una alta resistencia), a baja densidad (lo que podría minimizar un comportamiento agresivo del fuego) y con gran diversidad puede ayudar a frenar el avance de un futuro incendio¹⁶¹. En la misma línea, el uso de especies rebrotadoras nativas puede generar una capacidad de regeneración rápida y de mitigación de la erosión¹⁶¹. Además, se puede considerar la restauración de ecosistemas de matorral-pastizal, en los que el fuego y la herbivoría están integrados⁷. Cabe resaltar la importancia de estos ecosistemas abiertos en zonas de clima templado, puesto que antes de la aparición del hombre y antes del declive de la megafauna, estas áreas correspondían a más del 50 % en Europa²⁰⁸.

Una masa forestal de procedencia heterogénea podría ser más resiliente ante perturbaciones ambientales, al presentar características funcionales diversas, o por comportamientos de variedades que puedan ser adaptativas en un contexto de gran incertidumbre.

Elección de especies de plantas en una restauración. En un plan de restauración, cuando se contempla una revegetación, debe especificarse en primer lugar el tipo de vegetación que se busca (por ejemplo abierta, adhesada, o bosque cerrado). Una vez definido, se eligen las especies de plantas que van a utilizarse, justificadas en función del tipo y estado del suelo, la vegetación pre-existente, la topografía, la procedencia de las nuevas especies y la climatología de la zona. No obstante, la elección de especies requiere un marco teórico para la selección de plantas y de procedencias adaptadas al cambio climático³⁰⁵, algo sobre lo que aún no hay consenso científico y que no siempre se requiere en dichos planes de restauración. Las plantas se producen en viveros forestales, cuya operativa está sujeta al Real Decreto 1054/2021, de 30 de noviembre³⁰⁶: la revegetación por plantación de especies o siembra directa de semillas debe cumplir esta normativa⁴². Los comercializadores obtienen las semillas y cultivan las plantas destinadas a las restauraciones en base a distintos criterios, pero siempre deben tener un certificado de procedencia de regiones³⁰⁷. La elección de especies de acuerdo con regiones de procedencia generalmente ayuda a que estén adaptadas al territorio al que

están destinadas (por ejemplo, una variedad de encina procedente de los Pirineos podría no tener éxito en Extremadura, debido a las adaptaciones locales al suelo y clima de su zona de origen). En el caso de algunas especies de pinos, con piñas y semillas adaptadas al fuego, su capacidad de germinar y sobrevivir tras un incendio está asociada a regiones de procedencia con regímenes de fuego asociados, por lo que se debe seleccionar las poblaciones mejor adaptadas para asegurar la supervivencia³⁰⁸.

Sin embargo, el sistema de regiones de procedencia, si bien permite cierta flexibilidad, está basado en características ambientales históricas que asumen que los parámetros meteorológicos no van a modificarse, una premisa cuestionable por el actual cambio climático³⁰⁷. En un contexto de cambios ambientales, que las especies de plantas puedan sobrevivir depende de la variabilidad genética que tengan los individuos de la población y de su capacidad de dispersión en el espacio³⁰⁹. Así, una propuesta es la introducción de variantes genéticas de otras localizaciones que mejoren la resiliencia de la población en su conjunto³⁰⁵. Una masa forestal de procedencias heterogéneas podría ser más resistente y resiliente ante perturbaciones ambientales, al presentar características funcionales diversas⁶². Un paso más allá, que cada vez se debate más en círculos académicos, pero aún con disensos, es la migración asistida: facilitar el cambio de distribución espacial de especies a nuevos rangos ambientales, incluso con variedades de plantas no nativas^{310,311}. Este enfoque resulta atractivo a gestores del territorio, al menos en Estados Unidos³¹². Los efectos del cambio climático están haciendo que cada vez más gestores y propietarios forestales se estén planteando estas opciones en proyectos de revegetación³¹². En España, se ha desarrollado la aplicación *ForestAdaptTool*, centrada en la provincia de Soria, que realiza simulaciones sobre la idoneidad de un territorio para albergar diversas especies arbóreas en función de los climas futuros³¹³.

Resiliencia socio-ecológica frente a los incendios

La colaboración social se ha demostrado útil para mejorar la confianza entre las Administraciones y los habitantes del territorio.

El fuego es un elemento natural dentro de las dinámicas naturales en los ecosistemas forestales, en particular, en la región mediterránea^{5,49} y, por ello, la ciudadanía debe poder responder adecuadamente a su ocurrencia o, al menos, recibir una información suficiente³¹⁴. En un país como España, donde el territorio ha sido fuertemente modificado por la mano del hombre durante siglos, la problemática de los incendios forestales no puede entenderse si no es entendiendo el territorio y sus dinámicas ecológicas de manera combinada con dinámicas sociales y políticas³¹⁵. En un contexto de despoblación rural, generar oportunidades y valorar el apego al territorio, así como aumentar la resiliencia socio-ecológica a los incendios es un objetivo de gestión y político necesario³¹⁶. Pero cabe comprender qué significa dicha resiliencia. Respecto a la sociedad, es un proceso que busca el bienestar y la sostenibilidad ante situaciones de cambio o perturbaciones, ya sean esperadas o inesperadas³¹⁵. En este sentido, en las relaciones socio-ecológicas de zonas propensas al fuego en la cuenca del Mediterráneo están del espacio rural son dependientes del sistema urbano^{128,129,315}.

Por otro lado, la dinamización específica del mundo rural se relaciona con una mayor resiliencia social. Las personas de estas áreas son conscientes de estos desequilibrios urbano-rurales, por lo que abogan por una mejor gestión forestal relacionada con la prevención de incendios³¹⁷. En concreto, en los montes, hay estrategias para mejorar el rendimiento y la productividad de las masas forestales^{135,318}, pero también hay experiencias positivas de asociacionismo de propietarios forestales y actividades de voluntariado relacionado con la prevención y los efectos de los incendios³¹⁴. Por ejemplo, en Cataluña, existen las *Agrupacions de Defensa Forestals*, sin ánimo de lucro, pero institucionalizadas, formadas por propietarios forestales, ayuntamientos, voluntarios/as y entidades municipales que se involucran en la prevención y la lucha contra incendios forestales. Aunque este tipo de asociaciones están poco extendidas en otras autonomías³¹⁹, su existencia abre las puertas al diálogo y la colaboración entre Administraciones, la sociedad civil organizada y la población en general³¹⁶ y mejora la confianza entre estos actores³¹⁹. Ello facilita la implementación de soluciones y técnicas, tanto de gestión forestal y territorial³²⁰, como nuevas estrategias de gobernanza³¹⁵. Respecto a la prevención, desde el MITECO se recomienda la participación y la sensibilización de la sociedad sobre la gestión de los incendios, incluyendo a propietarios y usuarios del medio rural, gestores del territorio y responsables de planificación urbanística o diseño de infraestructuras¹⁰. Hay

mecanismos que facilitan la colaboración y la forja de relaciones entre actores involucrados (investigadores, restauradores de ecosistemas y otros)^{321,322}. Estos abarcan el reconocimiento de las necesidades y contribuciones únicas de cada parte, además de transmitir la información o implementar planes preventivos¹²⁶. Ya existen ejemplos, como la iniciativa MOSAICO en Extremadura, cuyo objetivo es el aprendizaje mutuo entre los actores locales y colaborar en la mitigación de los efectos utilizando “cortafuegos productivos”, zonas que se mantienen gracias a prácticas agroforestales³⁶. De igual manera, algunos planes de prevención de incendios en CC. AA. como Galicia (PLADIGA)²²⁷ o Asturias (EPLIFA)⁸⁶, contemplan medidas de colaboración entre agricultores, ganaderos y Administraciones, con mecanismos para coordinarse ante la realización de quemas. Respecto a la gestión posterior de zonas quemadas, cuantos más graves son los daños, mayor es la disposición del voluntariado de contribuir a su reparación, algo que también es importante para su recuperación emocional. El apego al territorio y sus bosques es un importante catalizador de acción para este voluntariado^{320,323}, sobre todo, para las personas jóvenes¹²⁷. Asimismo, se ha demostrado una mejora de la confianza y relaciones entre las partes involucradas³²⁰ y resultados más apoyados por la población local¹²⁶, cuando se realizan actividades colaborativas entre las Administraciones y la sociedad, en las que los gestores aportan recursos y conocimiento técnico, mientras que la población aporta su trabajo y difusión^{126,324,325}. En este sentido la expansión y mejora de los programas de educación en materia de incendios forestales, tanto en las enseñanzas de primaria, secundaria, o ciclos formativos superiores, puede ayudar a la población a sobrellevar mejor la ocurrencia de los incendios y, en definitiva, colaborar en la generación de paisajes más resistentes y resilientes al fuego³²⁶.

Ideas fuerza

- Aunque el número de incendios en España está descendiendo, el área promedio afectada por grandes incendios forestales está aumentando, con importantes consecuencias ecológicas, ambientales, sociales y económicas. El aumento del riesgo hace que los incendios se hayan convertido en un problema social y ecológico de primer orden, que implica pérdida de vidas, efectos en la salud y emisiones, e impactos en los ecosistemas.
- En España la extensión forestal ha aumentado a lo largo del siglo XX por las reforestaciones llevadas a cabo desde los años 1940 y por la recuperación natural derivada de la progresiva despoblación del medio rural. Algunas de estas masas forestales (muchas arbustivas o arbolado joven) tienen una elevada continuidad y carga de combustible, y pueden favorecer grandes incendios, más difíciles de apagar.
- La gestión de los incendios debe conllevar la adaptación de los ecosistemas, paisajes y la sociedad a un aumento en la probabilidad de fuego, por ejemplo, generando paisajes en mosaico, fomentando el desarrollo rural y el pastoreo, promoviendo aquellas especies con mayor capacidad de regeneración, y ampliando los programas de protección para especies sensibles al fuego.
- La comunidad experta aboga por integrar las estrategias de prevención y mitigación de los efectos negativos de los incendios, la conservación de la biodiversidad, y el desarrollo rural, dado que España es uno de los países con un mayor patrimonio natural, y muchas áreas protegidas se están viendo afectadas por importantes incendios.
- España se defiende de los incendios a través de un dispositivo de extinción de gran capacidad y experiencia. Sin embargo, hay margen de mejora de los protocolos de trabajo, la actualización de los medios aéreos, el uso del fuego técnico y la mejora en las condiciones de trabajo y la seguridad de los equipos de bomberos.
- Restaurar áreas quemadas, tanto de forma activa como promoviendo la regeneración natural es una oportunidad para fomentar ecosistemas y paisajes adaptados y sostenibles a las predicciones climáticas y nuevos regímenes de fuego que puedan darse en las próximas décadas.
- En un contexto de despoblación rural, mejorar la gobernanza y el tejido social y productivo, así como mejorar los programas educativos en materia de incendios en las zonas rurales permite aumentar la resiliencia socio-ecológica frente a los incendios y lograr una gestión integral del territorio y que todos los actores sean parte de las soluciones y de las medidas de gestión que se implementen.
- Aunque las competencias en gestión forestal y extinción están transferidas a las comunidades autónomas, el abordaje de la problemática debe considerar distintas políticas sectoriales y niveles administrativos: desde lo local a lo estatal y europeo, e incluyendo actores tanto públicos como privados. Las decisiones que se tomen hoy en diversas políticas sectoriales que afectan al territorio de forma directa o indirecta, determinarán el régimen de incendios dentro de varias décadas, siendo la falta de acción política la decisión con mayores impactos negativos.

Referencias:

1. San-Miguel-Ayanz, J. et al. *Advance Report on Forest Fires in Europe, Middle East and North Africa 2022*. JRC133215 (2023) www.doi.org/10.2760/091540.
2. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. *Los Incendios Forestales en España. 1 enero - 31 diciembre 2022. Avance Informativo*. https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/biodiversidad/temas/incendios-forestales/avance_1_enero_31_diciembre_2022_tcm30-560521.pdf (2023).
3. Rivas-Martínez, S., Penas, A., del Río, S., Díaz González, T. E. & Rivas-Sáenz, S. Bioclimatology of the Iberian Peninsula and the Balearic Islands. *The Vegetation of the Iberian Peninsula: Volume 1* (ed. Loidi, J.) 29–80 (Springer International Publishing, 2017). ISBN: 978-3-319-54784-8.
4. Resco de Dios, V. *Plant–fire interactions. Applying Ecophysiology to Wildfire Management*. (Springer, 2020). ISBN: 978-3-030-41191-6.
5. Pausas, J. G. et al. Are wildfires a disaster in the Mediterranean basin? – A review. *International Journal of Wildland Fire* **17**, 713–723 (2008) www.doi.org/10.1071/WFO7151.
6. Leverkus, A. B., Murillo, P. G., Doña, V. J. & Pausas, J. G. Wildfires: Opportunity for restoration? *Science* **363**, 134–135 (2019) www.doi.org/10.1126/science.aaw2134.
7. Pausas, J. G. & Keeley, J. E. Wildfires as an ecosystem service. *Frontiers in Ecology and the Environment* **17**, 289–295 (2019) www.doi.org/10.1002/fee.2044.
8. Catry, F. X., Moreira, F., Pausas, J. G., Fernandes, P. M., Rego, F., Cardillo, E. & Curt, T. Cork Oak Vulnerability to Fire: The Role of Bark Harvesting, Tree Characteristics and Abiotic Factors. *PLOS ONE* **7**, e39810 (2012) www.doi.org/10.1371/journal.pone.0039810.
9. Nimmo, D. G., Andersen, A. N., Archibald, S., Boer, M. M., Brotons, L., Parr, C. L. & Tingley, M. W. Fire ecology for the 21st century: Conserving biodiversity in the age of megafire. *Diversity and Distributions* **28**, 350–356 (2022) <https://doi.org/10.1111/ddi.13482>.
10. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. *Orientaciones estratégicas para la gestión de incendios forestales en España*. https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/biodiversidad/planes-y-estrategias/orientacionesestrategicasiiiff_cs28072022_tcm30-543585.pdf (2022).
11. Castellnou, M. et al. Empowering strategic decision-making for wildfire management: avoiding the fear trap and creating a resilient landscape. *Fire Ecology* **15**, 31 (2019) www.doi.org/10.1186/s42408-019-0048-6.
12. Sayedi, S. S. & et al. Assessing changes in global fire regimes. *BioRxiv* (2023) <https://doi.org/10.1101/2023.02.07.527551>.
13. Pausas, J. G. & Vallejo, V. R. The role of fire in European Mediterranean ecosystems. *Remote Sensing of Large Wildfires: in the European Mediterranean Basin* (ed. Chuvieco, E.) 3–16 (Springer, 1999). ISBN: 978-3-642-60164-4.
14. Ursino, N. & Romano, N. Wild forest fire regime following land abandonment in the Mediterranean region. *Geophysical Research Letters* **41**, 8359–8368 (2014) www.doi.org/10.1002/2014GL061560.
15. Salis, M. et al. Spatial Patterns and Intensity of Land Abandonment Drive Wildfire Hazard and Likelihood in Mediterranean Agropastoral Areas. *Land* **11**, 1942 (2022) www.doi.org/10.3390/land11191942.
16. Iriarte Goñi, I. El contexto socio-económico de las reforestaciones en España (1939–c.1980). *La restauración forestal de España. 75 años de una ilusión*. (Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente, 2017). ISBN: 978-84-491-1495-3.
17. Nolan, R. H., Boer, M. M., Resco de Dios, V., Caccamo, G. & Bradstock, R. A. Large-scale, dynamic transformations in fuel moisture drive wildfire activity across southeastern Australia. *Geophysical Research Letters* **43**, 4229–4238 (2016) www.doi.org/10.1002/2016GL068614.
18. An, W. et al. Anthropogenic warming has exacerbated droughts in southern Europe since the 1850s. *Communications Earth & Environment* **4**, 1–9 (2023) www.doi.org/10.1038/s43247-023-00907-1.
19. CAMS: monitoring extreme wildfire emissions in 2022 | Copernicus. <https://atmosphere.copernicus.eu/cams-monitoring-extreme-wildfire-emissions-2022> [29/09/2023].
20. Greenhouse Gas Emissions from Energy Data Explorer. IEA, Paris. <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/greenhouse-gas-emissions-from-energy-data-explorer> [29/09/2023].
21. Araújo, M. B., Lobo, J. M. & Moreno, J. C. The Effectiveness of Iberian Protected Areas in Conserving Terrestrial Biodiversity. *Conservation Biology* **21**, 1423–1432 (2007) www.doi.org/10.1111/j.1523-1739.2007.00827.x.
22. Kelly, L. T. et al. Fire and biodiversity in the Anthropocene. *Science* **370**, eabb0355 (2020) www.doi.org/10.1126/science.abb0355.
23. Rosso, A. et al. Effectiveness of the Natura 2000 network in protecting Iberian endemic fauna. *Animal Conservation* **21**, 262–271 (2018) www.doi.org/10.1111/acv.12387.
24. Jefatura del Estado. *Ley 30/2014, de 3 de diciembre, de Parques Nacionales*. vol. BOE-A-2014-12588 99762–99792 (2014).
25. Jefatura del Estado. *Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad*. vol. BOE-A-2007-21490 51275–51327 (2007).
26. Jefatura del Estado. *Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental*. vol. BOE-A-2013-12913 98151–98227 (2013).
27. Rodrigues, M. et al. Drivers and implications of the extreme 2022 wildfire season in Southwest Europe. *Science of The Total Environment* **859**, 160320 (2023) www.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.160320.
28. Arellano-del-Verbo, G., Urbieto, I. R. & Moreno, J. M. Large-Fire Ignitions Are Higher in Protected Areas than Outside them in West-Central Spain. *Fire* **6**, 28 (2023) www.doi.org/10.3390/fire6010028.
29. Santín, C. & Doerr, S. H. Fire effects on soils: the human dimension. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* **371**, 20150171 (2016) www.doi.org/10.1098/rstb.2015.0171.
30. Smith, H. G., Sheridan, G. J., Lane, P. N. J., Nyman, P. & Haydon, S. Wildfire effects on water quality in forest catchments: A review with implications for water supply. *Journal of Hydrology* **396**, 170–192 (2011) www.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2010.10.043.
31. Oficina de Ciencia y Tecnología del Congreso de los Diputados (Oficina C). Calidad del aire. (2023) www.doi.org/10.57952/h3ye-1663.
32. Finlay, S. E., Moffat, A., Gazzard, R., Baker, D. & Murray, V. Health Impacts of Wildfires. *PLoS Currents* **4**, e4f959951cce2c (2012) www.doi.org/10.1371/4f959951cce2c.
33. Reid, C. E., Brauer, M., Johnston, F. H., Jerrett, M., Balmes, J. R. & Elliott, C. T. Critical Review of Health Impacts of Wildfire Smoke Exposure. *Environmental Health Perspectives* **124**, 1334–1343 (2016) www.doi.org/10.1289/ehp.1409277.
34. Eisenman, D., McCaffrey, S., Donatello, I. & Marshal, G. An Ecosystems and Vulnerable Populations Perspective on Solastalgia and Psychological Distress After a Wildfire. *EcoHealth* **12**, 602–610 (2015) www.doi.org/10.1007/s10393-015-1052-1.
35. Papanikolaou, V., Adamis, D., Mellon, R. C., Prodromitis, G. & Kyriopoulos, J. Double Disaster: Mental Health Of Survivors of Wildfires and Earthquake in a Part of Greece. *Psychology* **02**, 132 (2011) www.doi.org/10.4236/psych.2011.22021.
36. Wolpert, F., Quintas-Soriano, C., Pulido, F., Huntsinger, L. & Plieninger, T. Collaborative agroforestry to mitigate wildfires in Extremadura, Spain: land manager motivations and perceptions of outcomes, benefits, and policy needs. *Agroforestry Systems* **96**, 1135–1149 (2022) www.doi.org/10.1007/s10457-022-00771-6.
37. Papanikolaou, V., Adamis, D. & Kyriopoulos, J. Long term quality of life after a wildfire disaster in a rural part of Greece. **2012**, (2012) www.doi.org/10.4236/ojpsych.2012.22022.
38. Ministerio del Interior & Protección Civil España. *Incendios Forestales 2022. Informe de seguimiento 09/10/2022*. <https://www.proteccioncivil.es/documents/20121/0/Informe%20de%20Seguimiento%20de%20IFF%2020221009.pdf/b1434972-fe01-dd63-2e91-b920e31d0e05> (2022).
39. Resco de Dios, V. & Nolan, R. Some Challenges for Forest Fire Risk Predictions in the 21st Century. *Forests* **12**, 469 (2021) www.doi.org/10.3390/f12040469.
40. Presidencia del Csic. Incendios forestales. Coordinado por Cristina Santín, Javier Madrigal, Xim Cerdà y Juli Pausas. (2023) www.doi.org/10.20350/digitalCSIC/15366.
41. Ministerio de Transición Ecológica y el Reto Demográfico. *Estrategia Forestal Española - Horizonte 2050*. <https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/biodiversidad/temas/politica-forestal/EFE%20Web.pdf> (2022).
42. Jefatura del Estado. *Ley 43/2003, de 21 de noviembre, de Montes*. vol. BOE-A-2003-21339 41422–41442 (2003).
43. Grupos de Trabajo del Comité de Lucha contra Incendios Forestales. https://www.miteco.gob.es/en/biodiversidad/temas/incendios-forestales/coordinacion-institucional/grupos_trabajo_clif.html [06/11/2023].
44. Ministerio del Interior. *Real Decreto 407/1992, de 24 de abril, por el que se aprueba la Norma Básica de Protección Civil*. vol. BOE-A-1992-9364 14868–14870 (1992).
45. Ministerio del Interior. *Real Decreto 893/2013, de 15 de noviembre, por el que se aprueba la Directriz básica de planificación de protección civil de emergencia por incendios forestales*. vol. BOE-A-2013-12823 97616–97638 (2013).
46. Ministerio del Interior. *Resolución de 31 de octubre de 2014, de la Subsecretaría, por la que se publica el Acuerdo del Consejo de Ministros de 24 de octubre de 2014, por el que se aprueba el Plan Estatal de Protección Civil para Emergencias por Incendios Forestales*. vol. BOE-A-2014-11493 91755–91818 (2014).
47. Duguy, B., Paula, S., Pausas, J. G., Alloza, J. A., Gimeno, T. & Vallejo, R. V. Effects of Climate and Extreme Events on Wildfire Regime and Their Ecological Impacts. *Regional Assessment of Climate Change in the Mediterranean: Volume 2: Agriculture, Forests and Ecosystem Services and People* (eds. Navarra, A. & Tubiana, L.) 101–134 (Springer Netherlands, 2013). ISBN: 978-94-007-5772-1.
48. Moreno, M. V., Conedera, M., Chuvieco, E. & Pezzatti, G. B. Fire regime changes and major driving forces in Spain from 1968 to 2010. *Environmental Science & Policy* **37**, 11–22 (2014) www.doi.org/10.1016/j.envsci.2013.08.005.
49. Chergui, B., Fahd, S., Santos, X. & Pausas, J. G. Socioeconomic Factors Drive Fire-Regime Variability in the Mediterranean Basin. *Ecosystems* **21**, 619–628 (2018) www.doi.org/10.1007/s10021-017-0172-6.
50. Urbieto, I. R., Franquesa, M., Viedma, O. & Moreno, J. M. Fire activity and burned forest lands decreased during the last three decades in Spain. *Annals of Forest Science* **76**, 1–13 (2019) www.doi.org/10.1007/s13595-019-0874-3.
51. Venäläinen, A., Korhonen, N., Hyvärinen, O., Koutsias, N., Xystrakis, F., Urbieto, I. R. & Moreno, J. M. Temporal variations and change in forest fire danger in Europe for 1960–2012. *Natural Hazards and Earth System Sciences* **14**, 1477–1490 (2014)

- www.doi.org/10.5194/nhess-14-1477-2014.
52. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. *Los Incendios Forestales en España. Decenio 2006-2015*. <https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/incendios-forestales/estadisticas-datos.html> (2019).
53. Hernández, L., Barreira, R., Colomina, D., Melero, M., Peiteado, C. & Rodríguez, G. PAISAJES CORTAFUEGOS. *Propuesta de WWF España y ANP/WWF Portugal para adaptar el territorio ibérico a los incendios*. (2021).
54. Tedim, F. et al. Defining Extreme Wildfire Events: Difficulties, Challenges, and Impacts. *Fire* 1, 9 (2018) www.doi.org/10.3390/fire1010009.
55. Stoof, C. R. et al. Megafire: An ambiguous and emotive term best avoided by science. *Global Ecology and Biogeography* n/a, www.doi.org/10.1111/geb.13791.
56. Castellnou, M. & Miralles, M. The changing face of wildfires. *CRISIS* 5, 56–57 (2009).
57. Linley, G. D. et al. What do you mean, 'megafire'? *Global Ecology and Biogeography* 31, 1906–1922 (2022) www.doi.org/10.1111/geb.13499.
58. Turco, M., Jerez, S., Augusto, S., Tarín-Carrasco, P., Ratola, N., Jiménez-Guerrero, P. & Trigo, R. M. Climate drivers of the 2017 devastating fires in Portugal. *Scientific Reports* 9, 13886 (2019) www.doi.org/10.1038/s41598-019-50281-2.
59. Nolan, R. H. et al. Causes and consequences of eastern Australia's 2019–20 season of mega-fires. *Global Change Biology* 26, 1039–1041 (2020) www.doi.org/10.1111/gcb.14987.
60. European Parliament, AGRI Committee. Wildfires in the European Union. Situation in the 2023 wildfire season up to August 30th, 2023. (2023).
61. John Paul Tasker. Canada reports worst wildfire season on record — and there's more to come this fall. *CBC News* <https://www.cbc.ca/news/politics/canada-wildfire-season-or-worst-ever-more-to-come-1.6934284> [28/09/2023].
62. Moreno-Mateos, D., Alberdi, A., Morrién, E., van der Putten, W. H., Rodríguez-Uña, A. & Montoya, D. The long-term restoration of ecosystem complexity. *Nature Ecology & Evolution* 4, 676–685 (2020) www.doi.org/10.1038/s41559-020-1154-1.
63. Burgess, R., Hansen, M., Olken, B. A., Potapov, P. & Sieber, S. The Political Economy of Deforestation in the Tropics*. *The Quarterly Journal of Economics* 127, 1707–1754 (2012) www.doi.org/10.1093/qje/qjs034.
64. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Informe anual 2021 sobre el estado del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad en España. Resumen a partir de los principales indicadores del IEPNB. (2021).
65. Regos, A., Domínguez, J., Gil-Tena, A., Brotons, L., Ninyerola, M. & Pons, X. Rural abandoned landscapes and bird assemblages: winners and losers in the rewilding of a marginal mountain area (NW Spain). *Regional Environmental Change* 16, 199–211 (2016) www.doi.org/10.1007/s10113-014-0740-7.
66. Quintas-Soriano, C., Buerkert, A. & Plieninger, T. Effects of land abandonment on nature contributions to people and good quality of life components in the Mediterranean region: A review. *Land Use Policy* 116, 106053 (2022) www.doi.org/10.1016/j.landusepol.2022.106053.
67. Fernandes, P. M., Loureiro, C., Guiomar, N., Pezzatti, G. B., Manso, F. T. & Lopes, L. The dynamics and drivers of fuel and fire in the Portuguese public forest. *Journal of Environmental Management* 146, 373–382 (2014) www.doi.org/10.1016/j.jenvman.2014.07.049.
68. García-Llamas, P. et al. Environmental drivers of fire severity in extreme fire events that affect Mediterranean pine forest ecosystems. *Forest Ecology and Management* 433, 24–32 (2019) www.doi.org/10.1016/j.foreco.2018.10.051.
69. Dupuy, J. et al. Climate change impact on future wildfire danger and activity in southern Europe: a review. *Annals of Forest Science* 77, 1–24 (2020) www.doi.org/10.1007/s13595-020-00933-5.
70. Hansen, J. E. et al. Global warming in the pipeline. *Oxford Open Climate Change* 3, kgad008 (2023) www.doi.org/10.1093/oxfclm/kgad008.
71. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, Sanz, M. J. & Galán, E. *Impactos y riesgos derivados del cambio climático en España*. https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/impactos-vulnerabilidad-y-adaptacion/informeimpactosriesgoscespana_tcm30-518210.pdf (2021).
72. Costa, H., de Rigo, D., Libertà, G., Houston Durrant, T. & San-Miguel-Ayanz, J. *European wildfire danger and vulnerability in a changing climate: towards integrating risk dimensions. JRC PESETA IV project. Task 9 – Forest fires*. EUR 30116 EN <https://adapttecca.es/recursos/buscador/european-wildfire-danger-and-vulnerability-changing-climate-towards-integrating> (2020).
73. Jolly, W. M., Cochrane, M. A., Freeborn, P. H., Holden, Z. A., Brown, T. J., Williamson, G. J. & Bowman, D. M. J. S. Climate-induced variations in global wildfire danger from 1979 to 2013. *Nature Communications* 6, 7537 (2015) www.doi.org/10.1038/ncomms8537.
74. Jones, M. W. et al. Global and Regional Trends and Drivers of Fire Under Climate Change. *Reviews of Geophysics* 60, e2020RG000726 (2022) www.doi.org/10.1029/2020RG000726.
75. U. N. Environment programme. *Emissions Gap Report 2023*. <https://www.unep.org/resources/emissions-gap-report-2023> (2023).
76. Javier Villaverde. El Cabildo de Tenerife valora los daños del incendio forestal en 80,4 millones de euros. (2023).
77. Avance Climático Nacional del invierno 2021–2022. *Aemetblog* <https://aemetblog.es/2022/03/16/avance-climatico-nacional-del-invierno-2021-2022/> [31/08/2023].
78. Junta de Castilla y León. Comunicación de la Junta de Castilla y León. Incendios forestales. 15, 16, 17, 18, 19 de junio de 2022. <https://comunicacion.jcyl.es/web/es/incendios-forestales/campana-2022.html> [31/08/2023].
79. DEMANDAS DE LOS BOMBEROS FORESTALES DE CASTILLA Y LEÓN. <https://atificyl.com/2022/06/19/demandas-de-los-bomberos-forestales-de-cyl/> [04/11/2023].
80. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. *Los Incendios Forestales en España. 1 enero – 31 diciembre 2021. Avance Informativo*. https://www.miteco.gob.es/content/dam/mitesco/es/biodiversidad/temas/incendios-forestales/avance_1_enero_31_diciembre_2021_tcm30-542118.pdf (2021).
81. Dirección General de Medio Natural, Biodiversidad y Espacios Protegidos. Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible. Junta de Andalucía. *Sierra Bermeja Fire Report (Málaga) 08/09/2021*. <https://fireanalysisnetwork.eu/wp-content/uploads/2022/07/Sierra-Bermeja-2021-Fire-Report-1.pdf> (2021).
82. Augusto, S. et al. Population exposure to particulate-matter and related mortality due to the Portuguese wildfires in October 2017 driven by storm Ophelia. *Environment International* 144, 106056 (2020) www.doi.org/10.1016/j.envint.2020.106056.
83. Tarín-Carrasco, P., Augusto, S., Palacios-Peña, L., Ratola, N. & Jiménez-Guerrero, P. Impact of large wildfires on PM₁₀ levels and human mortality in Portugal. *Natural Hazards and Earth System Sciences* 21, 2867–2880 (2021) www.doi.org/10.5194/nhess-21-2867-2021.
84. Laina Relano, R., Carretero Ropero, S. & López Santalla, A. Análisis de los fallecimientos por incendios forestales en España (1999–2018). (Sociedad Española de Ciencias Forestales, 2022).
85. Servicio de Emergencias del Principado de Asturias. *La investigación de causas de incendios forestales en el Principado de Asturias en el periodo 2002–2012*. <https://coordinadoraeecoloxista.org/images/documentos/249027158-La-Investigacion-de-Causas-de-Incendios-Forestales-en-El-Principado-de-Asturias-en-El-Periodo-2002-2012.pdf> (2022).
86. Gobierno del Principado de Asturias. *Estrategia integral de prevención y lucha contra los incendios forestales en Asturias (2020–2025)*. http://www.l2asturias.es/v_portal/informacion/informacionver.asp?cod=3516&te=194&idage=6715&vap=0 (2020).
87. Fernandes, P. M., Santos, J. A., Castedo-Dorado, F. & Almeida, R. Fire from the Sky in the Anthropocene. *Fire* 4, 13 (2021) www.doi.org/10.3390/fire4010013.
88. Núñez Mora, J. Á., Riesco Martín, J. & Mora García, M. A. *Climatología de descargas eléctricas y de días de tormenta en España*. (Agencia Estatal de Meteorología, 2019). ISBN: 978-84-7837-100-6.
89. Rodrigues, M. et al. Modelling the daily probability of lightning-caused ignition in the Iberian Peninsula. *International Journal of Wildland Fire* 32, 351–362 (2023) www.doi.org/10.1071/WF22123.
90. Kahraman, A., Kendon, E. J., Fowler, H. J. & Wilkinson, J. M. Contrasting future lightning stories across Europe. *Environmental Research Letters* 17, (2022) www.doi.org/10.1088/1748-9326/ac9b78.
91. Generalitat Valenciana. *Análisis de causas de incendios forestales en la comunitat valenciana. Periodo 2009–2018*. https://mediambient.gva.es/documentos/20551003/167181181/07_An%C3%A1lisis-causas_3_12_2018_v4/b67c5ee5-3455-40e5-b426-065e97db8ccc (2018).
92. Idescat. Anuario estadístico de Cataluña. Incendios forestales. Por causas. <https://www.idescat.cat/indicadors/?id=ae&n=15204&lang=es> [03/08/2023].
93. Larjavaara, M. et al. *Deadwood and Fire Risk in Europe*. JRC134562. ISBN: 978-92-68-05724-7 <https://doi.org/10.2760/553875> (2023).
94. Calviño-Cancela, M., Chas-Amil, M. L., García-Martínez, E. D. & Touza, J. Interacting effects of topography, vegetation, human activities and wildland-urban interfaces on wildfire ignition risk. *Forest Ecology and Management* 397, 10–17 (2017) www.doi.org/10.1016/j.foreco.2017.04.033.
95. Boer, M. M., Nolan, R. H., Resco De Dios, V., Clarke, H., Price, O. F. & Bradstock, R. A. Changing Weather Extremes Call for Early Warning of Potential for Catastrophic Fire. *Earth's Future* 5, 1196–1202 (2017) www.doi.org/10.1002/2017EF000657.
96. Tague, C. L., Moritz, M. & Hanan, E. The changing water cycle: The eco-hydrologic impacts of forest density reduction in Mediterranean (seasonally dry) regions. *WIREs Water* 6, e1350 (2019) www.doi.org/10.1002/wat.21350.
97. Nolan, R. H. et al. Linking Forest Flammability and Plant Vulnerability to Drought. *Forests* 11, 779 (2020) www.doi.org/10.3390/f11070779.
98. Tölgyesi, C. et al. Underground deserts below fertility islands? Woody species desiccate lower soil layers in sandy drylands. *Ecography* 43, 848–859 (2020) www.doi.org/10.1111/ecog.04906.
99. Walden, L., Fontaine, J. B., Ruthrof, K. X., Matusick, G. & Harper, R. J. Drought then wildfire reveals a compound disturbance in a resprouting forest. *Ecological Applications* 33, e2775 (2023) www.doi.org/10.1002/eap.2775.
100. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. *Estrategia Nacional de Lucha contra la Desertificación*. https://www.miteco.gob.es/content/dam/mitesco/es/biodiversidad/temas/desertificacion-restauracion/estrategia_nacional_lucha_desertificacion_web_2022_tcm30-542085.pdf (2022).
101. Martínez-Valderrama, J. et al. Present and future of desertification in Spain: Implementation of a surveillance system to prevent land degradation. *The Science of the Total Environment* 563–564, 169–178 (2016) www.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.04.065.

102. Samaniego, L. et al. Anthropogenic warming exacerbates European soil moisture droughts. *Nature Climate Change* **8**, 421–426 (2018) [www.doi.org/10.1038/s41558-018-0138-5](https://doi.org/10.1038/s41558-018-0138-5).
103. Berdugo, M. et al. Global ecosystem thresholds driven by aridity. *Science* **367**, 787–790 (2020) [www.doi.org/10.1126/science.aay5958](https://doi.org/10.1126/science.aay5958).
104. Toreti, A. et al. Drought in Europe August 2023. https://edo.jrc.ec.europa.eu/documents/news/GDO-EDODroughtNews202308_Europe.pdf (2023).
105. Yosef, G., Walko, R., Avisar, R., Tatarinov, F., Rotenberg, E. & Yakir, D. Large-scale semi-arid afforestation can enhance precipitation and carbon sequestration potential. *Scientific Reports* **8**, 996 (2018) [www.doi.org/10.1038/s41598-018-19265-6](https://doi.org/10.1038/s41598-018-19265-6).
106. Pausata, F. S. R., Gaetani, M., Messori, G., Berg, A., Maia de Souza, D., Sage, R. F. & deMenocal, P. B. The Greening of the Sahara: Past Changes and Future Implications. *One Earth* **2**, 235–250 (2020) [www.doi.org/10.1016/j.oneear.2020.03.002](https://doi.org/10.1016/j.oneear.2020.03.002).
107. Meier, R., Schwaab, J., Seneviratne, S. I., Sprenger, M., Lewis, E. & Davin, E. L. Empirical estimate of forestation-induced precipitation changes in Europe. *Nature Geoscience* **14**, 473–478 (2021) [www.doi.org/10.1038/s41561-021-00773-6](https://doi.org/10.1038/s41561-021-00773-6).
108. Liu, H. et al. Nature-based framework for sustainable afforestation in global drylands under changing climate. *Global Change Biology* **28**, 2202–2220 (2022) [www.doi.org/10.1111/gcb.16050](https://doi.org/10.1111/gcb.16050).
109. Hoek van Dijke, A. J. et al. Shifts in regional water availability due to global tree restoration. *Nature Geoscience* **15**, 363–368 (2022) [www.doi.org/10.1038/s41561-022-00935-0](https://doi.org/10.1038/s41561-022-00935-0).
110. Galiana Martín, L. Las interfaces urbano-forestales: un nuevo territorio de riesgo en España. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles* (2012) [www.doi.org/10.21138/bage.2065](https://doi.org/10.21138/bage.2065).
111. Haight, R. G., Cleland, D. T., Hammer, R. B., Radeloff, V. C. & Rupp, T. S. Assessing Fire Risk in the Wildland-Urban Interface. *Journal of Forestry* **102**, 41–48 (2004) [www.doi.org/10.1093/jof/102.7.41](https://doi.org/10.1093/jof/102.7.41).
112. Chas-Amil, M. L., Touza, J. & García-Martínez, E. Forest fires in the wildland-urban interface: A spatial analysis of forest fragmentation and human impacts. *Applied Geography* **43**, 127–137 (2013) [www.doi.org/10.1016/j.apgeog.2013.06.010](https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2013.06.010).
113. Montiel, C. & Herreró, G. An Overview of Policies and Practices Related to Fire Ignitions at the European Union Level. *Towards Integrated Fire Management—Outcomes of the European Project Fire Paradox*, European Forest Institute 35–46 (2010). ISBN: 970-952-5453-48-5.
114. Beltrán-Marcos, D., Calvo, L., Fernández-Guisuraga, J. M., Fernández-García, V. & Suárez-Seoane, S. Wildland-urban interface typologies prone to high severity fires in Spain. *Science of The Total Environment* **894**, 165000 (2023) [www.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.165000](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.165000).
115. Fernández-García, V., Beltrán-Marcos, D. & Calvo, L. Building patterns and fuel features drive wildfire severity in wildland-urban interfaces in Southern Europe. *Landscape and Urban Planning* **231**, 104646 (2023) [www.doi.org/10.1016/j.landurbplan.2022.104646](https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2022.104646).
116. Carmo, M., Moreira, F., Casimiro, P. & Vaz, P. Land use and topography influences on wildfire occurrence in northern Portugal. *Landscape and Urban Planning* **100**, 169–176 (2011) [www.doi.org/10.1016/j.landurbplan.2010.11.017](https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2010.11.017).
117. Zárata López, L. G. Estudio de las características físicas y geométricas de la llama en los incendios forestales. *TDX (Tesis Doctorals en Xarxa)* (Universitat Politècnica de Catalunya, 2004). [www.doi.org/10.5821/dissertation-2117-93747](https://doi.org/10.5821/dissertation-2117-93747).
118. McLeish, M., Peláez, A., Pagán, I., Gavilán, R., Fraile, A. & García-Arenal, F. Structuring of plant communities across agricultural landscape mosaics: the importance of connectivity and the scale of effect. *BMC Ecology and Evolution* **21**, 173 (2021) [www.doi.org/10.1186/s12862-021-01903-9](https://doi.org/10.1186/s12862-021-01903-9).
119. Bassett, M. et al. The effects of topographic variation and the fire regime on coarse woody debris: Insights from a large wildfire. *Forest Ecology and Management* **340**, 126–134 (2015) [www.doi.org/10.1016/j.foreco.2014.12.028](https://doi.org/10.1016/j.foreco.2014.12.028).
120. Viegas, D. X. & Simeoni, A. Eruptive Behaviour of Forest Fires. *Fire Technology* **47**, 303–320 (2011) [www.doi.org/10.1007/s10694-010-0193-6](https://doi.org/10.1007/s10694-010-0193-6).
121. Rivas-Martínez, S. *Global Bioclimatics (Clasificación Bioclimática de la Tierra)*. (2014).
122. Rivas-Martínez, S., Sáenz, S. & Penas, A. Worldwide Bioclimatic Classification System. *Global Geobotany* **1**, 1–634+4 Maps (2011) [www.doi.org/10.5616/gg10001](https://doi.org/10.5616/gg10001).
123. Karavani, A. et al. Fire-induced deforestation in drought-prone Mediterranean forests: drivers and unknowns from leaves to communities. *Ecological Monographs* **88**, 141–169 (2018) [www.doi.org/10.1002/ecm.1285](https://doi.org/10.1002/ecm.1285).
124. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. *Seguimiento y evaluación de los tipos de hábitat y las especies en España*. https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/espacios-protegidos/boletinnrn2000_tcm30-519920.pdf (2020).
125. Ministerial Conference on the Protection of Forests in Europe. *State of Europe's Forests*. https://foresteurope.org/wp-content/uploads/2016/08/SoEF_2020.pdf (2020).
126. Gornish, E. S., McCormick, M., Begay, M. & Nsikani, M. M. Sharing knowledge to improve ecological restoration outcomes. *Restoration Ecology n/a*, e13417 [www.doi.org/10.1111/rec.13417](https://doi.org/10.1111/rec.13417).
127. Lauman, S. T., Martyn, T. E., Begay, M. A., Hovanec, K. A., Rodden, I. E., Ossanna, L. Q. R. & Gornish, E. S. Youth engagement in ecological restoration. *Restoration Ecology* **31**, e13916 (2023) [www.doi.org/10.1111/rec.13916](https://doi.org/10.1111/rec.13916).
128. Muys, B. et al. From BioCities to BioRegions and Back: Transforming Urban–Rural Relationships. *Transforming Biocities: Designing Urban Spaces Inspired by Nature* (eds. Scarascia-Mugnozza, G. E., Guallart, V., Salbitano, F., Ottaviani Aalmo, G. & Boeri, S.) 239–263 (Springer International Publishing, 2023). ISBN: 978-3-031-29466-2.
129. Universitat de València, Generalitat Valenciana, & ESTEPA Estudios del Territorio Paisaje y Patrimonio. *Estrategia AVANT 20–30. Plan estratégico valenciano antidespoblamiento*. (2021). ISBN: 978-84-9133-376-0.
130. Jefatura del Estado. *Ley 55/1980, de 11 de noviembre, de montes vecinales en mano común*. vol. BOE-A-1980-25463 26001–26004 (1980).
131. García Quiroga, F. Desde la desarticulación al presente de los montes vecinales en mano común en Galicia. *Teknokultura: Revista de Cultura Digital y Movimientos Sociales* **10**, 155–176 (2013) <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4820471>.
132. *Carta de Valladolid tras el I Congreso de la Propiedad Forestal*. https://www.propiedadforestal.es/sites/default/files/ponencias/carta_de_valladolid.pdf (2022).
133. Lecina-Díaz, J., Chas-Amil, M.-L., Aquilué, N., Sil, Á., Brotons, L., Regos, A. & Touza, J. Incorporating fire-smartness into agricultural policies reduces suppression costs and ecosystem services damages from wildfires. *Journal of Environmental Management* **337**, 117707 (2023) [www.doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.117707](https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.117707).
134. Pau Costa Foundation. gestión de los grandes incendios forestales en España. *Pau Costa Foundation* <https://www.paucostafoundation.org/adhesion-a-la-declaracion-sobre-la-gestion-de-los-grandes-incendios-forestales-en-espana/> [05/07/2023].
135. Gracia, C. et al. 9. Impacts on the Forestry Sector. *Impacts of Climatic Change in Spain* 385–340 (Ministerio de Medio Ambiente, 2005).
136. Murciego, Á. C., Laborda, J. L., Saucó, F. R. & Arcega, E. S. Incentivos fiscales para la fijación o atracción de la población a un territorio: una revisión de la investigación aplicada. *Cátedra DPZ sobre Despoblación y Creatividad. Universidad de Zaragoza* (2018).
137. Vicente, V. A. Q. & Sánchez, X. G. Nueva ruralidad y generación de discursos sociales desde el ámbito productivo: pastoreando significados (Castellón, España). *AGER: Revista de Estudios sobre Despoblación y Desarrollo Rural* **28**, 161–183 (2019) [www.doi.org/10.4422/ager.2019.15](https://doi.org/10.4422/ager.2019.15).
138. Losada, A. C. Las posibilidades del teletrabajo para dinamizar la España despoblada. Caso de estudio: proyecto “Teletrabajar en Cinco Villas” (Comunidad Autónoma de Aragón). Informe 2021–2. *Cátedra DPZ sobre Despoblación y Creatividad de la Universidad de Zaragoza*. (2021).
139. Barón, J. L. Estudio sobre el teletrabajo en Aragón en el contexto de la COVID-19 y su potencial de transferencia de población al mundo rural. La vivienda como problema. Informe 2021–3 de la Cátedra DPZ sobre Despoblación y Creatividad de la Universidad de Zaragoza. *Cátedra DPZ sobre Despoblación y Creatividad. Universidad de Zaragoza* (2021) <https://catedradespoblaciondpz.unizar.es/wp-content/uploads/2022/01/Informe-Catedra-2021-3-Lamban.pdf>.
140. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. *Real Decreto 389/2016, de 22 de octubre, por el que se aprueba el Plan Director de la Red de Parques Nacionales*. vol. BOE-A-2016-9690 74051–74076 (2016).
141. Barreal, J. & Jannes, G. Spatial Dependencies and Neighbour Interactions of Wildfire Patterns in Galician Mountain Areas (NW Spain). *Fire* **6**, 165 (2023) [www.doi.org/10.3390/fire6040165](https://doi.org/10.3390/fire6040165).
142. EFFIS – Annual Fire Reports. <https://effis.jrc.ec.europa.eu/reports-and-publications/annual-fire-reports> [23/11/2023].
143. Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico. *Avance informativo de incendios forestales del 1 de enero al 31 de octubre de 2023*. <https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/biodiversidad/temas/incendios-forestales/Avance%20informativo%2031%20de%20octubre%202023.pdf> (2023).
144. Marino, E., Muñoz, G. & Noriega, M. Á. Percepción propia y ajena de los técnicos. Resultados de las encuestas. *Los incendios en la Red Natura 2000: situación, prevención y propuestas para una gestión integral* ISBN: (NIPO) 665-22-061-6 / 665-22-062-1.
145. Regos, A., D’Amen, M., Titeux, N., Herrando, S., Guisan, A. & Brotons, L. Predicting the future effectiveness of protected areas for bird conservation in Mediterranean ecosystems under climate change and novel fire regime scenarios. *Diversity and Distributions* **22**, 83–96 (2016) [www.doi.org/10.1111/ddi.12375](https://doi.org/10.1111/ddi.12375).
146. Regos, A., Hermoso, V., D’Amen, M., Guisan, A. & Brotons, L. Trade-offs and synergies between bird conservation and wildfire suppression in the face of global change. *Journal of Applied Ecology* **55**, 2181–2192 (2018) [www.doi.org/10.1111/1365-2664.13182](https://doi.org/10.1111/1365-2664.13182).
147. Clavero, M., Brotons, L. & Herrando, S. Bird community specialization, bird conservation and disturbance: the role of wildfires. *Journal of Animal Ecology* **80**, 128–136 (2011) <https://doi.org/10.1111/j.1365-2656.2010.01748.x>.
148. He, T., Lamont, B. B. & Pausas, J. G. Fire as a key driver of Earth’s biodiversity. *Biological Reviews* (2019) <https://doi.org/10.1111/brv.12544>.
149. Pereira, P., Mierauskas, P., Ubeda, X., Mataix-Solera, J. & Cerdà, A. Fire in Protected Areas – the Effect of Protection and Importance of Fire Management. *Environmental Research, Engineering and Management* **59**, 52–62 (2012) [www.doi.org/10.5755/j01.erem.591.856](https://doi.org/10.5755/j01.erem.591.856).
150. Redpath, S. M. et al. Understanding and managing conservation conflicts. *Trends in Ecology & Evolution* **28**, 100–109 (2013) [www.doi.org/10.1016/j.tree.2012.08.021](https://doi.org/10.1016/j.tree.2012.08.021).
151. Driscoll, D. A. et al. Resolving conflicts in fire management using decision theory: asset-protection versus biodiversity conservation. *Conservation Letters* **3**, 215–223 (2010) [www.doi.org/10.1111/j.1755-263X.2010.00115.x](https://doi.org/10.1111/j.1755-263X.2010.00115.x).

152. Syphard, A. D., Butsic, V., Bar-Massada, A., Keeley, J. E., Tracey, J. A. & Fisher, R. N. Setting priorities for private land conservation in fire-prone landscapes: Are fire risk reduction and biodiversity conservation competing or compatible objectives? *Ecology and Society* **21**, (2016).
153. COMUNICACIÓN DE LA COMISIÓN AL PARLAMENTO EUROPEO, AL CONSEJO, AL COMITÉ ECONÓMICO Y SOCIAL EUROPEO Y AL COMITÉ DE LAS REGIONES Nueva Estrategia de la UE en favor de los Bosques para 2030. (2021).
154. Madrigal, J., Romero-Vivó, M. & Rodríguez y Silva, F. Definición y recomendaciones técnicas en el diseño de puntos estratégicos de gestión. 'Decálogo de Valencia' para la defensa integrada frente a los incendios en la gestión del mosaico agroforestal. (Sociedad Española de Ciencias Forestales, 2019). ISBN: 978-84-941695-4-0.
155. Lasanta-Martínez, T., Vicente-Serrano, S. M. & Cuadrat-Prats, J. M. Mountain Mediterranean landscape evolution caused by the abandonment of traditional primary activities: a study of the Spanish Central Pyrenees. *Applied Geography* **25**, 47-65 (2005) [www.doi.org/10.1016/j.apgeog.2004.11.001](https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2004.11.001).
156. Villar Salvador, P. Restoration of Spanish pine plantations: A main challenge for the 21st century. *Reforestación* **1**, 53-66 (2016) [www.doi.org/10.21750/REFOR.104.4](https://doi.org/10.21750/REFOR.104.4).
157. Pausas, J. G. & Fernández-Muñoz, S. Fire regime changes in the Western Mediterranean Basin: from fuel-limited to drought-driven fire regime. *Climatic Change* **110**, 215-226 (2012) [www.doi.org/10.1007/s10584-011-0060-6](https://doi.org/10.1007/s10584-011-0060-6).
158. Guijarro, M., Madrigal, J., Hernando, C., Sánchez de Ron, D. & Vázquez de la Cueva, A. Las repoblaciones y los incendios forestales. *La restauración forestal de España. 75 años de una ilusión*. (Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente, 2017). ISBN: 978-84-491-1495-3.
159. Hurteau, M. D. Quantifying the Carbon Balance of Forest Restoration and Wildfire under Projected Climate in the Fire-Prone Southwestern US. *PLoS One* **12**, e0169275 (2017) [www.doi.org/10.1371/journal.pone.0169275](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0169275).
160. Wiechmann, M. L., Hurteau, M. D., North, M. P., Koch, G. W. & Jerabkova, L. The carbon balance of reducing wildfire risk and restoring process: an analysis of 10-year post-treatment carbon dynamics in a mixed-conifer forest. *Climatic Change* **132**, 709-719 (2015) <https://doi.org/10.1007/s10584-015-1450-y>.
161. Leverkus, A. B., Thorn, S., Lindenmayer, D. B. & Pausas, J. G. Tree planting goals must account for wildfires. *Science* **376**, 588-589 (2022) [www.doi.org/10.1126/science.abp8259](https://doi.org/10.1126/science.abp8259).
162. Puig-Gironès, R., Brotons, L. & Pons, P. Aridity, fire severity and proximity of populations affect the temporal responses of open-habitat birds to wildfires. *Biological Conservation* **272**, 109661 (2022) [www.doi.org/10.1016/j.biocon.2022.109661](https://doi.org/10.1016/j.biocon.2022.109661).
163. Navarro-Cerrillo, R. M., Cachinero-Vivar, A. M., Pérez-Priego, Ó., Aspizua Cantón, R., Beguería, S. & Julio Camarero, J. Developing alternatives to adaptive silviculture: Thinning and tree growth resistance to drought in a Pinus species on an elevated gradient in Southern Spain. *Forest Ecology and Management* **537**, 120936 (2023) [www.doi.org/10.1016/j.foreco.2023.120936](https://doi.org/10.1016/j.foreco.2023.120936).
164. Burivalova, Z. et al. Using soundscapes to investigate homogenization of tropical forest diversity in selectively logged forests. *Journal of Applied Ecology* **56**, 2493-2504 (2019) [www.doi.org/10.1111/1365-2664.13481](https://doi.org/10.1111/1365-2664.13481).
165. Burivalova, Z., Purnomo, Orndorff, S., Truskinger, A., Roe, P. & Game, E. T. The sound of logging: Tropical forest soundscape before, during, and after selective timber extraction. *Biological Conservation* **254**, 108812 (2021) [www.doi.org/10.1016/j.biocon.2020.108812](https://doi.org/10.1016/j.biocon.2020.108812).
166. Doser, J. W., Finley, A. O., Kasten, E. P. & Gage, S. H. Assessing soundscape disturbance through hierarchical models and acoustic indices: A case study on a shelterwood logged northern Michigan forest. *Ecological Indicators* **113**, 106244 (2020) [www.doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106244](https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106244).
167. Farina, A., Buscaino, G., Ceraluo, M. & Pieretti, N. The Soundscape Approach for the Assessment and Conservation of Mediterranean Landscapes: Principles and Case Studies. *Journal of Landscape Ecology* **7**, 10-22 (2014) [www.doi.org/10.2478/jlecol-2014-0007](https://doi.org/10.2478/jlecol-2014-0007).
168. Ferreira, A. J. D. et al. Influence of burning intensity on water repellency and hydrological processes at forest and shrub sites in Portugal. *Soil Research* **43**, 327-336 (2005) [www.doi.org/10.1071/SRO4084](https://doi.org/10.1071/SRO4084).
169. Stoof, C. R., Vervoort, R. W., Iwema, J., van den Elsen, E., Ferreira, A. J. D. & Ritsema, C. J. Hydrological response of a small catchment burned by experimental fire. *Hydrology and Earth System Sciences* **16**, 267-285 (2012) [www.doi.org/10.5194/hess-16-267-2012](https://doi.org/10.5194/hess-16-267-2012).
170. Alcañiz, M. Effects of prescribed fires on soil properties: A review. *Science of the Total Environment* **613-614**, 944-957 (2018) <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.09.144>.
171. Fernandes, P. M. & Botelho, H. S. A review of prescribed burning effectiveness in fire hazard reduction. *International Journal of Wildland Fire* **12**, 117-128 (2003) [www.doi.org/10.1071/wf02042](https://doi.org/10.1071/wf02042).
172. Unitat Tècnica GRAF & Bombers de Catalunya. Gràfiques de dades de cremes prescrites de Bombers. Període 1998-2017. https://interior.gencat.cat/web/content/home/O30_arees_dactuacio/bombers/foc_forestal/programa_de_cremes_prescrites/Dades_i_divulgacio/2018_grafiques-dades-cremes-prescrites-bombers_1998_2017.pdf (2018).
173. Grupo de trabajo de prevención de incendios forestales & Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Recomendaciones técnicas para la gestión de quemadas controladas y quemadas prescritas. https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/biodiversidad/temas/incendios-forestales/recomendaciontecnica_quemas_def_clif_270521_tcm30-535069.pdf.
174. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Los EPRIF. Planificación y desarrollo de actuaciones. (2012). ISBN: 978-84-8014-955-6.
175. Unidad Técnica GRAF & Bomberos de la Generalidad de Cataluña. Campaña de quemadas prescritas. Invierno 2020-2021. https://interior.gencat.cat/web/content/home/O30_arees_dactuacio/bombers/foc_forestal/programa_de_cremes_prescrites/Dades_i_divulgacio/2021_Campanya_cremes_prescrites_hivern_2020-21_ES.pdf (2021).
176. Carreiras, M. et al. Comparative analysis of policies to deal with wildfire risk. *Land Degradation and Development* **25**, 92-103 (2014) [www.doi.org/10.1002/ldr.2271](https://doi.org/10.1002/ldr.2271).
177. Marey-Perez, M., Loureiro, X., Corbelle-Rico, E. J. & Fernández-Filgueira, C. Different Strategies for Resilience to Wildfires: The Experience of Collective Land Ownership in Galicia (Northwest Spain). *Sustainability* **13**, 4761 (2021) [www.doi.org/10.3390/su13094761](https://doi.org/10.3390/su13094761).
178. Boer, M. M., Sadler, R. J., Wittkuhn, R. S., McCaw, L. & Grierson, P. F. Long-term impacts of prescribed burning on regional extent and incidence of wildfires—Evidence from 50 years of active fire management in SW Australian forests. *Forest Ecology and Management* **259**, 132-142 (2009) [www.doi.org/10.1016/j.foreco.2009.10.005](https://doi.org/10.1016/j.foreco.2009.10.005).
179. Regos, A., Pais, S., Campos, J. C. & Lecina-Díaz, J. Nature-based solutions to wildfires in rural landscapes of Southern Europe: let's be fire-smart! *International Journal of Wildland Fire* **32**, 942-950 (2023) [www.doi.org/10.1071/WF22094](https://doi.org/10.1071/WF22094).
180. Pais, S. et al. Mountain farmland protection and fire-smart management jointly reduce fire hazard and enhance biodiversity and carbon sequestration. *Ecosystem Services* **44**, 101143 (2020) [www.doi.org/10.1016/j.ecoser.2020.101143](https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2020.101143).
181. Rodríguez-Rojo, M. P., Roig, S., López-Carrasco, C., Redondo García, M. M. & Sánchez-Mata, D. Which Factors Favour Biodiversity in Iberian Dehesas? *Sustainability* **14**, 2345 (2022) [www.doi.org/10.3390/su14042345](https://doi.org/10.3390/su14042345).
182. Olivero Anarte, J. & Martín Taboada, A. Propuesta metodológica AVN (Alto Valor Natural) homogénea para España. https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/biodiversidad/temas/ecosistemas-y-conectividad/informefinalavn2021_tcm30-534475.pdf (2021).
183. Newton, P., Civita, N., Frankel-Goldwater, L., Bartel, K. & Johns, C. What Is Regenerative Agriculture? A Review of Scholar and Practitioner Definitions Based on Processes and Outcomes. *Frontiers in Sustainable Food Systems* **4**, (2020).
184. Fahrig, L. et al. Functional landscape heterogeneity and animal biodiversity in agricultural landscapes. *Ecology Letters* **14**, 101-112 (2011) [www.doi.org/10.1111/j.1461-0248.2010.01559.x](https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2010.01559.x).
185. Comité de Lucha contra Incendios Forestales. Posicionamiento del Comité de Lucha contra Incendios Forestales sobre la Propuesta de Plan Estratégico de la Política Agraria Comunitaria 2021-2027. https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/biodiversidad/temas/incendios-forestales/posicion_clif_pe-pac_21-27_tcm30-522092.pdf (2020).
186. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. El Plan Estratégico de la PAC de España (2023-2027). Resumen del Plan aprobado por la Comisión Europea. https://www.mapa.gob.es/es/pac/pac-2023-2027/resumen-pac-es_tcm30-627662.pdf (2023).
187. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Informe anual de indicadores Agricultura, Pesca y Alimentación 2021. https://www.mapa.gob.es/es/ministerio/servicios/analisis-y-prospectiva/ia/2021_version_final_web_tcm30-626537.pdf (2022).
188. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Una visión global de la agricultura española a través del análisis del censo agrario 2020. Informe de análisis 2023. https://www.mapa.gob.es/es/ministerio/servicios/analisis-y-prospectiva/informemapa_ca2020_tcm30-653742.pdf (2023).
189. Baraja-Rodríguez, E., Herrero, D. & Martínez-Arnáiz, M. Política Agraria Común y despoblación en los territorios de la España interior (Castilla y León). *AGER: Revista de Estudios sobre Despoblación y Desarrollo Rural* **33**, 151-182 (2021) [www.doi.org/10.4422/ager.2021.16](https://doi.org/10.4422/ager.2021.16).
190. Fromm, M. et al. The Untold Story of Pyrocumulonimbus. *Bulletin of the American Meteorological Society* **91**, 1193-1210 (2010) [www.doi.org/10.1175/2010BAMS3004.1](https://doi.org/10.1175/2010BAMS3004.1).
191. Jones, H. P. et al. Restoration and repair of Earth's damaged ecosystems. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* **285**, 20172577 (2018) [www.doi.org/10.1098/rspb.2017.2577](https://doi.org/10.1098/rspb.2017.2577).
192. Comisión Europea. Propuesta de REGLAMENTO DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO sobre la restauración de la naturaleza (Texto pertinente a efectos del EEE). COM(2022) 304 final. (2022).
193. Thorn, S. et al. The living dead: acknowledging life after tree death to stop forest degradation. *Frontiers in Ecology and the Environment* **18**, 505-512 (2020) [www.doi.org/10.1002/fee.2252](https://doi.org/10.1002/fee.2252).
194. Radu, S. The Ecological Role of Deadwood in Natural Forests. *Nature Conservation: Concepts and Practice* (eds. Gafta, D. & Akeroyd, J.) 137-141 (Springer, 2006). ISBN: 978-3-540-47229-2.
195. Tambosi, L. R., Martensen, A. C., Ribeiro, M. C. & Metzger, J. P. A Framework to Optimize Biodiversity Restoration Efforts Based on Habitat Amount and Landscape Connectivity. *Restoration Ecology* **22**, 169-177 (2014) [www.doi.org/10.1111/rec.12049](https://doi.org/10.1111/rec.12049).

196. Correa Ayram, C. A., Mendoza, M. E., Etter, A. & Salicrup, D. R. P. Habitat connectivity in biodiversity conservation: A review of recent studies and applications. *Progress in Physical Geography: Earth and Environment* **40**, 7–37 (2016)
www.doi.org/10.1177/0309133315598713
197. Taboada, A., Tárrega, R., Marcos, E., Valbuena, L., Suárez-Seoane, S. & Calvo, L. Fire recurrence and emergency post-fire management influence seedling recruitment and growth by altering plant interactions in fire-prone ecosystems. *Forest Ecology and Management* **402**, 63–75 (2017)
www.doi.org/10.1016/j.foreco.2017.07.029
198. Stephens, S. L., Bernal, A. A., Collins, B. M., Finney, M. A., Lautenberger, C. & Saah, D. Mass fire behavior created by extensive tree mortality and high tree density not predicted by operational fire behavior models in the southern Sierra Nevada. *Forest Ecology and Management* **518**, 120258 (2022)
www.doi.org/10.1016/j.foreco.2022.120258
199. Alexander, M. E. & Cruz, M. G. Fireline Intensity. *Encyclopedia of Wildfires and Wildland-Urban Interface (WUI) Fires* (ed. Manzello, S. L.) 1–8 (Springer International Publishing, 2018). ISBN: 978-3-319-51727-8.
200. Cortina-Segarra, J. et al. Barriers to ecological restoration in Europe: expert perspectives. *Restoration Ecology* **29**, e13346 (2021)
www.doi.org/10.1111/rec.13346
201. Proposal for a Regulation on a Forest Monitoring Framework.
https://environment.ec.europa.eu/publications/proposal-regulation-forest-monitoring-framework_en [27/11/2023].
202. Schug, F. et al. The global wildland-urban interface (Supplementary Data B). *Nature* **621**, 94–99 (2023)
www.doi.org/10.1038/s41586-023-06320-0
203. Municipios que no se preparan contra el fuego. *Civio*
<https://civio.es/espana-en-llamas/2019/07/31/municipios-que-no-se-preparan-contra-el-fuego/> [28/09/2023].
204. La Fiscalía de Medio Ambiente vigilará que los Ayuntamientos adopten medidas de prevención de incendios forestales. *Fiscal.es*
<https://www.fiscal.es/-/la-fiscalia-de-medio-ambiente-vigilara-que-los-ayuntamientos-adopten-medidas-de-prevencion-de-incendios-forestales> [24/11/2023].
205. Rebaños de Fuego. *Ramats de foc*
<https://www.ramatsdefoc.org/es/> [04/11/2023].
206. Dalmau-Rovira, F. et al. Creación de áreas de Interfaz Urbano - Forestal defendibles contra incendios mediante la implementación de riegos prescritos. (Sociedad Española de Ciencias Forestales, 2022).
207. Calviño-Cancela, M. & Cañizo-Novelle, N. Human dimensions of wildfires in NW Spain: Causes, value of the burned vegetation and administrative measures. *PeerJ* **2018**, (2018)
www.doi.org/10.7717/peerj.5657
208. Pearce, E. A. et al. Substantial light woodland and open vegetation characterized the temperate forest biome before Homo sapiens. *Science Advances* **9**, eadi9135 (2023)
www.doi.org/10.1126/sciadv.adi9135
209. Swenson, K. Was Smokey Bear wrong? How a beloved character may have helped fuel catastrophic fires. *Washington Post* (2021).
210. Campaña de prevención de incendios forestales. Año 1990.
https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/incendios-forestales/campania_tv_1990.html [22/09/2023].
211. McLauchlan, K. K. et al. Fire as a fundamental ecological process: Research advances and frontiers. *Journal of Ecology* **108**, 2047–2069 (2020)
www.doi.org/10.1111/1365-2745.13403
212. Houtman, R. M. et al. Allowing a wildfire to burn: estimating the effect on future fire suppression costs. *International Journal of Wildland Fire* **22**, 871–882 (2013)
www.doi.org/10.1071/WF12157
213. Zahara, A. Breathing Fire into Landscapes that Burn: Wildfire Management in a Time of Alterlife. *Engaging Science, Technology, and Society* **6**, 555–585 (2020)
www.doi.org/10.17351/ests2020.429
214. Duane, A. et al. Un nuevo plan de manejo del fuego en la Val d'Aran (Pirineos) basado en la coexistencia con el fuego: detalles de la modelización científica para la toma de decisiones. (Sociedad Española de Ciencias Forestales, 2022).
215. Segre. Dejan avanzar el fuego forestal de Canejan para mejorar el bosque. *Segre*
https://www.segre.com/es/comarcas/230324/dejan-avanzar-fuego-forestal-canejan-para-mejorar-bosque_212039.html [24/11/2023].
216. Jefatura del Estado. *Real Decreto-ley 15/2022, de 1 de agosto, por el que se adoptan medidas urgentes en materia de incendios forestales*. vol. BOE-A-2022-12926 11464–11477 (2022).
217. Madrigal Olmo, J., Laina Relañó, R., Ambrosio, Y., Andrade Otero, A., Martins de Oliveira, T., Pinto dos Santos, A. & Fonseca, C. *Patentes y control de incendios forestales*.
https://www.oepm.es/export/sites/oepm/comun/documentos_relacionados/Publicaciones/Estudios-Articulos/Patentes_y_control_de_incendios_forestales.pdf (2022).
218. Proyectos de I+D+i en líneas estratégicas - Transmisiones 2023 | Agencia Estatal de Investigación.
<https://www.aei.gob.es/convocatorias/buscaador-convocatorias/proyectos-idi-lineas-estrategicas-transmisiones-2023> [05/12/2023].
219. Jefatura del Estado. *Real Decreto-ley 11/2005, de 22 de julio, por el que se aprueban medidas urgentes en materia de incendios forestales*. vol. BOE-A-2005-12699 26341–26348 (2005).
220. Agencia Estatal de Meteorología. Mapas de predicción de Incendios.
<https://www.aemet.es/es/eltiempo/prediccion/incendios> [22/09/2023].
221. Junta de Andalucía. *Plan INFOCA. V. Análisis del Riesgo*.
https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/web/Bloques_Tematicos/Patrimonio_Natural_Usos_Y_Gestiones/Montes/Incendios_Forestales/plan_infoca/Cap05_analisis_riesgo.pdf (2003).
222. Szpakowski, D. M. & Jensen, J. L. R. A review of the applications of remote sensing in fire ecology. *Remote Sensing* **11**, (2019)
www.doi.org/10.3390/rs11222638
223. Quílez, R., Valbuena, L., Vendrell, J., Uytewaal, K. & Ramirez, J. Establishing Propagation Nodes as a Basis for Preventing Large Wildfires: The Proposed Methodology. *Frontiers in Forests and Global Change* **3**, (2020)
www.doi.org/10.3389/ffgc.2020.548799
224. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. *Nota de prensa. Balance 2021 de Incendios Forestales*.
https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/prensa/211022balanceincendios_tcm30-532068.pdf (2021).
225. Junta de Andalucía. *PLAN INFOCA. Sistemas de Vigilancia y Detección. Red de Comunicaciones*.
https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/web/Bloques_Tematicos/Patrimonio_Natural_Usos_Y_Gestiones/Montes/Incendios_Forestales/plan_infoca/Cap11_sistemas_vigilancia_deteccion.pdf
226. El 112 atendió en 2022 un total de 276.509 llamadas y coordinó 76.192 intervenciones de emergencia. *112 Cantabria*
<https://112.cantabria.es/noticias/el-112-atendio-en-2022-un-total-de-276509-llamadas-y-coordino-76192-intervenciones-de-emergencia> [24/10/2023].
227. Xunta de Galicia. *PLADIGA 2023. Memoria*.
https://mediorural.xunta.gal/sites/default/files/temas/forestal/pladiga/2023/01_Memoria_Pladiga_Castellano_2023.pdf (2023).
228. Copernicus.
<https://atmosphere.copernicus.eu/about-us> [09/03/2023].
229. Dubey, V., Kumar, P. & Chauhan, N. Forest Fire Detection System Using IoT and Artificial Neural Network. *Lecture Notes in Networks and Systems* **55**, 323–337 (2019)
www.doi.org/10.1007/978-981-13-2324-9_33
230. Jain, P., Coogan, S. C. P., Subramanian, S. G., Crowley, M., Taylor, S. & Flannigan, M. D. A review of machine learning applications in wildfire science and management. *Environmental Reviews* **28**, 478–505 (2020)
www.doi.org/10.1139/er-2020-0019
231. Shamsoshoara, A., Afghah, F., Razi, A., Zheng, L., Fulé, P. Z. & Blasch, E. Aerial imagery pile burn detection using deep learning: The FLAME dataset. *Computer Networks* **193**, (2021)
www.doi.org/10.1016/j.comnet.2021.108001
232. Bouguettaya, A., Zarzour, H., Taberkit, A. M. & Kechida, A. A review on early wildfire detection from unmanned aerial vehicles using deep learning-based computer vision algorithms. *Signal Processing* **190**, (2022)
www.doi.org/10.1016/j.sigpro.2021.108309
233. Dampage, U., Bandaranyake, L., Wanasinghe, R., Kottahachchi, K. & Jayasanka, B. Forest fire detection system using wireless sensor networks and machine learning. *Scientific Reports* **12**, (2022)
www.doi.org/10.1038/s41598-021-03882-9
234. Boletín Oficial del Estado. *Código Forestal 3. Incendios Forestales*.
https://www.boe.es/biblioteca_juridica/codigos/codigo.php?id=270_Codigo_Forestal_3_Incendios_Forestales&modo=2 (2023).
235. Comité de lucha contra incendios forestales. *PROTOCOLO DE REGULACIÓN DE OPERACIONES AÉREAS EN INCENDIOS FORESTALES*.
https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/biodiversidad/temas/incendios-forestales/protocoloregulacionoperacionesaereasaprobadoenclif_tcm30-512356.pdf (2019).
236. Comité de lucha contra incendios forestales. *METODOLOGÍA DE CODIFICACIÓN ÚNICA DE LOS MEDIOS AÉREOS DE EXTINCIÓN DE INCENDIOS*.
https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/biodiversidad/temas/incendios-forestales/metodologia-codificacionmediosaereosextingucciondeincendiosaprobadoenclif_tcm30-512357.pdf (2019).
237. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. *FAST - Spain Fact Sheet*.
https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/biodiversidad/temas/incendios-forestales/01_doc_fact_sheet_fast_spain_20200218_tcm30-544296_tcm30-524541.pdf (2023).
238. Actuaciones internacionales en materia de incendios forestales.
<https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/incendios-forestales/coordinacion-institucional/actuaciones-internacionales-incendios-forestales.html> [24/11/2023].
239. Ministerio de Transición Ecológica y el Reto Demográfico. *Distribución de medios de extinción del MITECO. Campaña de verano 2023*.
https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/biodiversidad/temas/incendios-forestales/despliegueverano2023_v1_web_tcm30-590019.PDF
240. Medios de prevención y extinción del dispositivo.
<https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/incendios-forestales/prevencion-extincion.html#medios-de-dispositivo-del-ministerio-para-la-lucha-contra-incendios-forestales> [22/09/2023].
241. Boletín Oficial de las Cortes Generales. Congreso de los Diputados. *121/000147 Proyecto de Ley básica de bomberos forestales*. (2023).
242. Cox, G. *Combustion Fundamentals of Fire*. (Academic Press, 1995).
243. Frandsen, W. H. The influence of moisture and mineral soil on the combustion limits of smoldering forest duff. *Canadian Journal of Forest Research* **17**, 1540–1544 (1987)
www.doi.org/10.1139/x87-236
244. Traubad, L. *Les feux de forêts*. (1992). ISBN: 2-85266-037-7.
245. Boer, M. M., Resco de Dios, V. & Bradstock, R. A. Unprecedented burn area of Australian mega forest fires. *Nature Climate Change* **10**, 171–172 (2020)
www.doi.org/10.1038/s41558-020-0716-1

246. Rosenfeld, D., Fromm, M., Trentmann, J., Luderer, G., Andreae, M. O. & Servranckx, R. The Chisholm firestorm: observed microstructure, precipitation and lightning activity of a pyro-cumulonimbus. *Atmospheric Chemistry and Physics* **7**, 645–659 (2007) [www.doi.org/10.5194/acp-7-645-2007](https://doi.org/10.5194/acp-7-645-2007).
247. Bogue, R. The role of robots in firefighting. *Industrial Robot: the international journal of robotics research and application* **48**, 174–178 (2021) [www.doi.org/10.1108/IR-10-2020-0222](https://doi.org/10.1108/IR-10-2020-0222).
248. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. *Resolución de la Dirección General de Servicios del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, por la que se anuncia subasta pública de 4 aviones anfíbios CANADAIR CL-215*. vol. BOE-B-2023-19088 30506–30507 (2023).
249. Los medios aéreos de extinción de incendios forestales. https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/incendios-forestales/extincion/medios_aereos.html [23/10/2023].
250. Gobierno de España. *Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia. Componente 4. Conservación y restauración de ecosistemas marinos y terrestres y su biodiversidad*. <https://www.lamocloa.gob.es/temas/fondos-recuperacion/Documents/16062021-Componente4.pdf> (2021).
251. Ramos Jácome, G. *Los aviones anfíbios Canadair operados por el Ejército del Aire en la lucha contra incendios*. (Ministerio De Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, Centro de Publicaciones, 2013). ISBN: 978-84-491-1286-7.
252. Seagle fights wildfires faster, safer and more precise – Simcenter. <https://blogs.sw.siemens.com/simcenter/roadfour-seagle-firefighting-aircraft/> [23/10/2023].
253. The Seagle. <https://www.roadfour.com/seagle/> [23/10/2023].
254. EU orders more Canadairs as member states fight deadly wildfires. *euronews* <https://www.euronews.com/my-europe/2023/07/27/eu-orders-more-canadairs-to-boost-aerial-firefighting-fleet-as-southern-nations-fight-wild> [23/10/2023].
255. Firefighting planes and helicopters: Council agrees position to guarantee financing. <https://www.consilium.europa.eu/en/press/press-releases/2023/06/16/firefighting-planes-and-helicopters-council-agrees-position-to-guarantee-financing/> [23/10/2023].
256. Carballo-Leyenda, B., Villa, J. G., López-Satué, J. & Rodríguez-Marroyo, J. A. Characterizing Wildland Firefighters' Thermal Environment During Live-Fire Suppression. *Frontiers in Physiology* **10**, (2019) <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.00949>.
257. Song, G., Mandal, S. & Rossi, R. *Thermal Protective Clothing for Firefighters*. (Woodhead Publishing, 2016). ISBN: 978-0-08-101286-4.
258. Carballo-Leyenda, B., Gutiérrez-Arroyo, J., García-Heras, F., Sánchez-Collado, P., Villa-Vicente, J. G. & Rodríguez-Marroyo, J. A. Influence of Personal Protective Equipment on Wildland Firefighters' Physiological Response and Performance during the Pack Test. *International Journal of Environmental Research and Public Health* **18**, 5050 (2021) [www.doi.org/10.3390/ijerph18105050](https://doi.org/10.3390/ijerph18105050).
259. Soteriades, E. S., Smith, D. L., Tsismenakis, A. J., Baur, D. M. & Kales, S. N. Cardiovascular Disease in US Firefighters: A Systematic Review. *Cardiology in Review* **19**, 202 (2011) [www.doi.org/10.1097/CRD.0b013e318215c105](https://doi.org/10.1097/CRD.0b013e318215c105).
260. Jalilian, H., Ziaei, M., Weiderpass, E., Rueegg, C. S., Khosravi, Y. & Kjaerheim, K. Cancer incidence and mortality among firefighters. *International Journal of Cancer* **145**, 2639–2646 (2019) [www.doi.org/10.1002/ijc.32199](https://doi.org/10.1002/ijc.32199).
261. Casjens, S., Brüning, T. & Taeger, D. Cancer risks of firefighters: a systematic review and meta-analysis of secular trends and region-specific differences. *International Archives of Occupational and Environmental Health* **93**, 839–852 (2020) [www.doi.org/10.1007/s00420-020-01539-0](https://doi.org/10.1007/s00420-020-01539-0).
262. Oficina de Ciencia y Tecnología del Congreso de los Diputados (Oficina C). Informe C: Avances en el tratamiento del cáncer. (2022) [www.doi.org/10.57952/anta-er88](https://doi.org/10.57952/anta-er88).
263. Fernández-Rodríguez, M., González-González, M. P., Alonso-Martín, M. T., Carrizo, L. R. & Cortés Barragán, R. A. Contaminación de los equipos de trabajo y riesgo de cáncer de próstata y testículo, en bomberos. *Medicina y Seguridad del Trabajo* **62**, 241–262 (2016) http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0465-546X2016000300007.
264. Stec, A. A., Robinson, A., Wolffe, T. A. M. & Bagkeris, E. Scottish Firefighters Occupational Cancer and Disease Mortality Rates: 2000–2020. *Occupational Medicine* **73**, 42–48 (2023) [www.doi.org/10.1093/occmed/kqac138](https://doi.org/10.1093/occmed/kqac138).
265. Demers, P. A. et al. Carcinogenicity of occupational exposure as a firefighter. *The Lancet Oncology* **23**, 985–986 (2022) [www.doi.org/10.1016/S1470-2045\(22\)00390-4](https://doi.org/10.1016/S1470-2045(22)00390-4).
266. Zhao, G., Erazo, B., Ronda, E., Brocal, F. & Regidor, E. Mortality Among Firefighters in Spain: 10 Years of Follow-up. *Annals of Work Exposures and Health* **64**, 614–621 (2020) [www.doi.org/10.1093/annweh/wxaa036](https://doi.org/10.1093/annweh/wxaa036).
267. Comité de Lucha Contra Incendios Forestales. *Catálogo de Equipos de Protección Individual Revisión 2011*. https://www.miteco.gob.es/content/dam/mitesco/es/biodiversidad/temas/incendios-forestales/catalogo_epi_clif_2012_tcm30-137430.pdf (2012).
268. Industrial Fire World (IFW) Staff. Technologies That Will Transform Industrial Fire Fighting in 2022. <https://www.industrialfireworld.com/626600/technologies-that-will-transform-industrial-fire-fighting-in-2022> [06/11/2023].
269. Pérez-Soba Díez del Corral, I. Comentarios al Real Decreto-Ley 15/2022, de 1 de agosto, de medidas urgentes sobre incendios forestales. *Montes* **36–40** (2023).
270. Reglamento (UE) 2021/2115 del Parlamento Europeo y del Consejo de 2 de diciembre de 2021 por el que se establece normas en relación con la ayuda a los planes estratégicos que deben elaborar los Estados miembros en el marco de la política agrícola común (planes estratégicos de la PAC), financiada con cargo al Fondo Europeo Agrícola de Garantía (FEAGA) y al Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural (Feader), y por el que se derogan los Reglamentos (UE) n.º 1305/2013 y (UE) n.º 1307/2013.
271. Roy, D. P., Huang, H., Boschetti, L., Giglio, L., Yan, L., Zhang, H. H. & Li, Z. Landsat-8 and Sentinel-2 burned area mapping – A combined sensor multi-temporal change detection approach. *Remote Sensing of Environment* **231**, 111254 (2019) [www.doi.org/10.1016/j.rse.2019.111254](https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.111254).
272. Alcasena, F. J., Salis, M. & Vega-García, C. A fire modeling approach to assess wildfire exposure of valued resources in central Navarra, Spain. *European Journal of Forest Research* **135**, 87–107 (2016) [www.doi.org/10.1007/s10342-015-0919-6](https://doi.org/10.1007/s10342-015-0919-6).
273. Fernández-Alonso, J. M., Llorens, R., Sobrino, J. A., Ruiz-González, A. D., Alvarez-González, J. G., Vega, J. A. & Fernández, C. Exploring the Potential of Lidar and Sentinel-2 Data to Model the Post-Fire Structural Characteristics of Gorse Shrublands in NW Spain. *Remote Sensing* **14**, 6063 (2022) [www.doi.org/10.3390/rs14236063](https://doi.org/10.3390/rs14236063).
274. Buhk, C., Meyn, A. & Jentsch, A. The challenge of plant regeneration after fire in the Mediterranean Basin: scientific gaps in our knowledge on plant strategies and evolution of traits. *Plant Ecology* **192**, 1–19 (2007) [www.doi.org/10.1007/s11258-006-9224-2](https://doi.org/10.1007/s11258-006-9224-2).
275. Calvo, L., Tárrega, R. & Luis, E. de. Post-fire succession in two Quercus pyrenaica communities with different disturbance histories. *Annals of Forest Science* **56**, 441–447 (1999) [www.doi.org/10.1051/forest:19990508](https://doi.org/10.1051/forest:19990508).
276. Durán, J. et al. Wildfires decrease the local-scale ecosystem spatial variability of Pinus canariensis forests during the first two decades post fire. *International Journal of Wildland Fire* **28**, 288–294 (2019) [www.doi.org/10.1071/WF18145](https://doi.org/10.1071/WF18145).
277. Gil, L., López, R., García-Mateos, Á. & González-Doncel, I. Seed provenance and fire-related reproductive traits of Pinus pinaster in central Spain. *International Journal of Wildland Fire* **18**, 1003 (2009) [www.doi.org/10.1071/WF08101](https://doi.org/10.1071/WF08101).
278. Fierer, N., Wood, S. A. & Bueno de Mesquita, C. P. How microbes can, and cannot, be used to assess soil health. *Soil Biology and Biochemistry* **153**, 108111 (2021) [www.doi.org/10.1016/j.soilbio.2020.108111](https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2020.108111).
279. European Commission. EXECUTIVE SUMMARY OF THE IMPACT ASSESSMENT REPORT Accompanying the document 'Directive of the European Parliament and the Council on Soil Monitoring and Resilience (Soil Monitoring Law)': SWD(2023) 418 final. https://environment.ec.europa.eu/system/files/2023-07/EXECUTIVE%20SUMMARY%20OF%20THE%20IMPACT%20ASSESSMENT%20REPORT_SWD_2023_418.pdf (2023).
280. Delgado-Baquerizo, M. et al. Microbial diversity drives multifunctionality in terrestrial ecosystems. *Nature Communications* **7**, 10541 (2016) [www.doi.org/10.1038/ncomms10541](https://doi.org/10.1038/ncomms10541).
281. Philippot, L., Raaijmakers, J. M., Lemanceau, P. & Van Der Putten, W. H. Going back to the roots: The microbial ecology of the rhizosphere. *Nature Reviews Microbiology* **11**, 789–799 (2013) [www.doi.org/10.1038/nrmicro3109](https://doi.org/10.1038/nrmicro3109).
282. Hernández Nieto, A. Artrópodos y el fuego. *Mundo Artrópodo* vol. 16 28–38 (2023).
283. European Commission. Proposal for a DIRECTIVE OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL on Soil Monitoring and Resilience (Soil Monitoring Law). COM(2023) 416 final. https://environment.ec.europa.eu/system/files/2023-07/Proposal%20for%20a%20DIRECTIVE%20OF%20THE%20EUROPEAN%20PARLIAMENT%20AND%20OF%20THE%20COUNCIL%20on%20Soil%20Monitoring%20and%20Resilience_COM_2023_416_final.pdf (2023).
284. González-Pérez, J. A., González-Vila, F. J., Almendros, G. & Knicker, H. The effect of fire on soil organic matter – A review. *Environment International* **30**, 855–870 (2004) [www.doi.org/10.1016/j.envint.2004.02.003](https://doi.org/10.1016/j.envint.2004.02.003).
285. Girona-García, A., Cretella, C., Fernández, C., Robichaud, P. R., Vieira, D. C. S. & Keizer, J. J. How much does it cost to mitigate soil erosion after wildfires? *Journal of Environmental Management* **334**, 117478 (2023) [www.doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.117478](https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.117478).
286. Polade, S. D., Gershunov, A., Cayan, D. R., Dettinger, M. D. & Pierce, D. W. Precipitation in a warming world: Assessing projected hydro-climate changes in California and other Mediterranean climate regions. *Scientific Reports* **7**, 10783 (2017) [www.doi.org/10.1038/s41598-017-11285-y](https://doi.org/10.1038/s41598-017-11285-y).
287. Bodí, M. B. et al. Wildland fire ash: Production, composition and eco-hydro-geomorphic effects. *Earth-Science Reviews* **130**, 103–127 (2014) [www.doi.org/10.1016/j.earscirev.2013.12.007](https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2013.12.007).
288. Guerra, C. A., Delgado-Baquerizo, M., Duarte, E., Marigliano, O., Görgen, C., Maestre, F. T. & Eisenhauer, N. Global projections of the soil microbiome in the Anthropocene. *Global Ecology and Biogeography* **30**, 987–999 (2021) [www.doi.org/10.1111/geb.13273](https://doi.org/10.1111/geb.13273).
289. Hartmann, M. & Six, J. Soil structure and microbiome functions in agroecosystems. *Nature Reviews Earth & Environment* **4**, 4–18 (2023) <https://doi.org/10.1038/s43017-022-00366-w>.

290. Fernández, C. & Vega, J. A. Efficacy of bark strands and straw mulching after wildfire in NW Spain: Effects on erosion control and vegetation recovery. *Ecological Engineering* **63**, 50–57 (2014)
[www.doi.org/10.1016/j.ecoleng.2013.12.005](https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2013.12.005).
291. Moench, R. & Fusaro, J. Soil erosion control after wildfire. *Natural resources series. Forestry*; no. 6.308 (2002).
292. Roberts, R. M. et al. Stakeholder perceptions and scientific evidence linking wildfire mitigation treatments to societal outcomes. *Journal of Environmental Management* **248**, 109286 (2019)
[www.doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109286](https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109286).
293. Leverkus, A. B., Buma, B., Wagenbrenner, J., Burton, P. J., Lingua, E., Marzano, R. & Thorn, S. Tamm review: Does salvage logging mitigate subsequent forest disturbances? *Forest Ecology and Management* **481**, 118721 (2021)
[www.doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118721](https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118721).
294. Leverkus, A. & Castro, J. Restoration of Mediterranean Forest Ecosystems After Major Disturbances: The Lanjarón Post-fire Experiment Over 15 Years of Succession. *The Landscape of the Sierra Nevada, A Unique Laboratory of Global Processes in Spain* 229–241 (2022). ISBN: 978-3-030-94219-9.
295. Castro, J., Allen, C. D., Molina-Morales, M., Maranon-Jimenez, S., Sanchez-Miranda, A. & Zamora, R. Salvage logging versus the use of burnt wood as a nurse object to promote post-fire tree seedling establishment. *Restoration Ecology* **19**, 537–544 (2011)
[www.doi.org/10.1111/j.1526-100X.2009.00619.x](https://doi.org/10.1111/j.1526-100X.2009.00619.x).
296. Thorn, S. et al. Impacts of salvage logging on biodiversity: A meta-analysis. *Journal of Applied Ecology* **55**, 279–289 (2018)
[www.doi.org/10.1111/1365-2664.12945](https://doi.org/10.1111/1365-2664.12945).
297. Leverkus, A. B., Gustafsson, L., Lindenmayer, D. B., Castro, J., Rey Benayas, J. M., Ranius, T. & Thorn, S. Salvage logging effects on regulating ecosystem services and fuel loads. *Frontiers in Ecology and the Environment* **18**, 391–400 (2020)
[www.doi.org/10.1002/fee.2219](https://doi.org/10.1002/fee.2219).
298. Mauri, E. & Pons, P. *Manual de buenas prácticas para la gestión forestal postincendio. 2a ed., Proyecto Anifog I+D+i CGL2014-54094-R. 169 anifog.wix.com/anifog* (2019).
299. Raftoyannis, Y. & Spanos, I. Evaluation of log and branch barriers as post-fire rehabilitation treatments in a Mediterranean pine forest in Greece. *International Journal of Wildland Fire* **14**, 183–188 (2005)
[www.doi.org/10.1071/WFO4031](https://doi.org/10.1071/WFO4031).
300. Bauhus, J., Forrester, D. I., Gardiner, B., Jactel, H., Vallejo, R. & Pretzsch, H. Ecological Stability of Mixed-Species Forests. *Mixed-Species Forests: Ecology and Management* (eds. Pretzsch, H., Forrester, D. I. & Bauhus, J.) 337–382 (Springer, 2017). ISBN: 978-3-662-54553-9.
301. Leverkus, A. B., Thorn, S., Gustafsson, L., Noss, R., Müller, J., Pausas, J. G. & Lindenmayer, D. B. Environmental policies to cope with novel disturbance regimes—steps to address a world scientists' warning to humanity. *Environmental Research Letters* **16**, 021003 (2021)
[www.doi.org/10.1088/1748-9326/abdc5a](https://doi.org/10.1088/1748-9326/abdc5a).
302. Von Holle, B., Yelenik, S. & Gornish, E. S. Restoration at the landscape scale as a means of mitigation and adaptation to climate change. *Current Landscape Ecology Reports* **5**, 85–97 (2020)
[www.doi.org/10.1007/s40823-020-00056-7](https://doi.org/10.1007/s40823-020-00056-7).
303. Timpane-Padgham, B. L., Beechie, T. & Klinger, T. A systematic review of ecological attributes that confer resilience to climate change in environmental restoration. *PLOS ONE* **12**, e0173812 (2017)
[www.doi.org/10.1371/journal.pone.0173812](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0173812).
304. Duane, A., Kelly, L., Giljohann, K., Batllori, E., McCarthy, M. & Brotons, L. Disentangling the Influence of Past Fires on Subsequent Fires in Mediterranean Landscapes. *Ecosystems* **22**, 1338–1351 (2019)
[www.doi.org/10.1007/s10021-019-00340-6](https://doi.org/10.1007/s10021-019-00340-6).
305. Torres, E. et al. Facilitated Adaptation as a Conservation Tool in the Present Climate Change Context: A Methodological Guide. *Plants* **12**, 1258 (2023)
[www.doi.org/10.3390/plants12061258](https://doi.org/10.3390/plants12061258).
306. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. *Real Decreto 1054/2021, de 30 de noviembre, por el que se establecen y regulan el Registro de operadores profesionales de vegetales, las medidas a cumplir por los operadores profesionales autorizados a expedir pasaportes fitosanitarios y las obligaciones de los operadores profesionales de material vegetal de reproducción, y se modifican diversos reales decretos en materia de agricultura*. vol. BOE-A-2021-20730 154157–154193 (2021).
307. Nicolás Peragón, J. L. & Iglesias Sauce, S. Normativa de comercialización de los materiales forestales de reproducción. *Producción y manejo de semillas y plantas forestales. Tomo I.* (ORGANISMO AUTÓNOMO PARQUES NACIONALES MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE, 2014). ISBN: 978-84-8014-837-5.
308. Calvo, L., Hernández, V., Valbuena, L. & Taboada, A. Provenance and seed mass determine seed tolerance to high temperatures associated to forest fires in Pinus pinaster. *Annals of Forest Science* **73**, 381–391 (2016)
[www.doi.org/10.1007/s13595-015-0527-0](https://doi.org/10.1007/s13595-015-0527-0).
309. Valladares, F. et al. The effects of phenotypic plasticity and local adaptation on forecasts of species range shifts under climate change. *Ecology Letters* **17**, 1351–1364 (2014)
[www.doi.org/10.1111/ele.12348](https://doi.org/10.1111/ele.12348).
310. Williams, M. I. & Dumroese, R. K. Preparing for Climate Change: Forestry and Assisted Migration. *Journal of Forestry* **111**, 287–297 (2013)
[www.doi.org/10.5849/jof.13-016](https://doi.org/10.5849/jof.13-016).
311. Vitt, P., Havens, K., Kramer, A. T., Sollenberger, D. & Yates, E. Assisted migration of plants: Changes in latitudes, changes in attitudes. *Biological Conservation* **143**, 18–27 (2010)
[www.doi.org/10.1016/j.biocon.2009.08.015](https://doi.org/10.1016/j.biocon.2009.08.015).
312. Gornish, E. S., Brusati, E. & Johnson, D. W. Practitioner perspectives on using nonnative plants for revegetation. *California Agriculture* **70**, (2016)
[www.doi.org/10.3733/ca.2016a0013](https://doi.org/10.3733/ca.2016a0013).
313. Soria Forest Adapt | Soria Forest Adapt.
<https://www.soriaforestadapt.es/en/17/11/2023>.
314. Rodríguez-Carreras, R., Úbeda, X., Francos, M. & Marco, C. After the Wildfires: The Processes of Social Learning of Forest Owners' Associations in Central Catalonia, Spain. *Sustainability* **12**, 6042 (2020)
[www.doi.org/10.3390/su12156042](https://doi.org/10.3390/su12156042).
315. Rodríguez Fernández-Blanco, C. Unravelling the role of social innovation for fostering socio-ecological resilience in Mediterranean, fire-prone territories. (Leuven Universitet, 2023).
316. Rodríguez Fernández-Blanco, C., Górriz-Mifsud, E., Prokofieva, I., Muys, B. & Parra, C. Blazing the trail: Social innovation supporting wildfire-resilient territories in Catalonia (Spain). *Forest Policy and Economics* **138**, 102719 (2022)
[www.doi.org/10.1016/j.forpol.2022.102719](https://doi.org/10.1016/j.forpol.2022.102719).
317. La Revuelta de la España Vacía se moviliza este sábado para reclamar otro modelo de gestión forestal y evitar los incendios - Revuelta de la España Vacía.
<https://xn--revueltaespaavaciada-f7b.org/la-revuelta-de-la-espana-vaciada-se-moviliza-este-sabado-para-reclamar-otro-modelo-de-gestion-forestal-y-evitar-los-incendios/> [28/11/2023].
318. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medioambiente. *Plan de activación socioeconómica del sector forestal*.
https://www.miteco.gob.es/content/dam/mitesco/es/biodiversidad/temas/politica-forestal/20140618_PASSFOR_FEADER_tcm30-155765.pdf (2014).
319. Górriz-Mifsud, E., Burns, M. & Marini Govigli, V. Civil society engaged in wildfires: Mediterranean forest fire volunteer groupings. *Forest Policy and Economics* **102**, 119–129 (2019)
[www.doi.org/10.1016/j.forpol.2019.03.007](https://doi.org/10.1016/j.forpol.2019.03.007).
320. Ryan, R. L. & Hamin, E. Wildfires, Communities, and Agencies: Stakeholders' Perceptions of Postfire Forest Restoration and Rehabilitation. *Journal of Forestry* **106**, 370–379 (2008)
[www.doi.org/10.1093/jof/106.7.370](https://doi.org/10.1093/jof/106.7.370).
321. Winter, G., Vogt, C. A. & McCaffrey, S. Examining Social Trust in Fuels Management Strategies. *Journal of Forestry* **102**, 8–15 (2004)
[www.doi.org/10.1093/jof/102.6.8](https://doi.org/10.1093/jof/102.6.8).
322. Cohn, P. J., Williams, D. R. & Carroll, M. S. Wildland-urban interface resident's views on risk and attribution. *Wildfire risk: Human perceptions and management implications* 23–43 (2008).
323. Hogan, M. R. B., Jonathan G. Taylor, John T. Integrative Healing: The Importance of Community Collaboration in Postfire Recovery and Prefire Planning. *Wildfire Risk* (Routledge, 2007). ISBN: 978-1-936331-61-1.
324. Duguy Pedra, B., Gil Ortega, V. & Vallejo, V. R. Building environmental awareness and community engagement in sustainable forest management and biodiversity conservation through the restoration of Juniperus phoenicea L. in a fire-prone landscape of North-eastern Spain. (2022).
325. Plantació de savines a zones cremades del terme municipal de Maials. *Ajuntament de Maials*
<https://www.maials.cat/actualitat/noticies/plantacio-de-savines-a-zones-cremades-del-terme-municipal-de-maials> [28/11/2023].
326. García Suárez, P. & Mendiguchía Ruiz, C. La formación forestal en el sistema educativo. *Revista Montes* 34–37 (2019).

